

Aus der Klinik für Anaesthesiologie der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor: Prof. Dr. med. Bernhard Zwißler

Stratifizierung der Bestellpraxis von Blutkomponenten am Beispiel der Erythrozytenkonzentrate

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Georg Mößnang
aus Ichenhausen

2011

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Uwe Kreimeier

Mitberichterstatter: Priv. Doz. Dr. med. Stefan Huber-Wagner

Dekan: Prof. Dr. med. Dr. h.c. M. Reiser, FACR, FRCR

Tag der mündlichen Prüfung: 31.03.2011

Für meine Eltern Hanna und Erwin,
die mir so vieles im Leben ermöglicht haben

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	9
2	Zielsetzung	15
3	Material und Methodik	16
4	Ergebnisse	20
4.1	Verlauf des Aufkommens perioperativer Transfusionen	20
4.1.1	Vergleich der Transfusionsdaten des Jahres 2002 mit dem Vorjahr	20
4.1.2	Verlauf der vorausgegangenen 10 Jahre.....	21
4.2	Vergleich der beiden Standorte Großhadern und Innenstadt	22
4.2.1	Fachgebiete	23
4.2.2	Patientenkollektiv	26
4.3	Transfusionswahrscheinlichkeiten in den einzelnen Fachgebieten	28
4.3.1	Klinikum Großhadern.....	29
4.3.1.1	Chirurgische Klinik und Poliklinik.....	30
4.3.1.2	Herzchirurgische Klinik.....	32
4.3.1.3	Innerklinischer Transport mit Anästhesiebegleitung	34
4.3.1.4	Institut für klinische Radiologie.....	34
4.3.1.5	Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe	34
4.3.1.6	Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	35
4.3.1.7	Medizinische Kliniken und Polikliniken	35
4.3.1.8	Neurochirurgische Klinik und Poliklinik.....	35
4.3.1.9	Orthopädische Klinik und Poliklinik	36
4.3.1.10	Urologische Klinik und Poliklinik.....	37
4.3.2	Innenstadtkliniken	38
4.3.2.1	Augenklinik.....	40

4.3.2.2	Chirurgische Klinik und Poliklinik.....	40
4.3.2.3	Dr. von Haunersches Kinderspital	41
4.3.2.4	Institut für klinische Radiologie.....	42
4.3.2.5	Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie	42
4.3.2.6	Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie.....	42
4.3.2.7	Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe	42
4.3.2.8	Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	43
4.3.2.9	Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	44
4.3.2.10	Medizinische Klinik und Medizinische Poliklinik	44
4.3.2.11	Transport mit Anästhesiebegleitung	44
4.3.2.12	Urologische Klinik und Poliklinik.....	44
4.4	Eingriffe mit Aufklärungspflicht über eine Bluttransfusion.....	45
5	Diskussion.....	46
5.1	Verlauf des Aufkommens perioperativer Transfusionen	46
5.2	Vergleich der beiden Standorte Großhadern und Innenstadt	47
5.3	Transfusionswahrscheinlichkeiten in den einzelnen Fachgebieten	47
5.4	Blutprodukte	48
5.4.1	Blutspender.....	49
5.4.1.1	Tauglichkeit	49
5.4.1.2	Ausschluss von der Blutspende	49
5.4.2	Erythrozytenkonzentrate (EK).....	50
5.4.2.1	Herstellung/Lagerung	50
5.4.2.2	Indikationen	52
5.4.3	Gefrorenes Frischplasma (GFP, <i>fresh frozen plasma</i> FFP).....	53
5.4.3.1	Herstellung/Lagerung	53
5.4.3.2	Indikationen	54
5.4.4	Thrombozytenkonzentrate (TK).....	54
5.4.4.1	Herstellung/Lagerung	55

5.4.4.2	Indikationen	55
5.4.5	Sonstige Blutprodukte	56
5.5	Transfusionstrigger	56
5.5.1	Die 10/30-Regel.....	57
5.5.2	Consensus Conference, National Institutes of Health (NIH)	58
5.5.3	Hämoglobinkonzentration	58
5.5.4	Intraoperatives Monitoring	59
5.6	Reduzierung des Fremdblutbedarfs	60
5.6.1	Blutsparende Operationstechnik.....	60
5.6.2	Narkoseführung	61
5.6.2.1	Normothermie	61
5.6.2.2	Kontrollierte Hypotension	61
5.6.2.3	Zentralvenöser Blutdruck.....	61
5.6.2.4	Normovolämie	61
5.6.3	Eigenblutspende	62
5.6.4	Erythropoetin	66
5.6.5	Präoperative akute normovoläme Hämodilution (ANH).....	66
5.6.6	Maschinelle Autotransfusion (MAT)	68
5.6.7	Medikamentöse Therapie	69
5.6.8	Künstliche Sauerstoffträger	69
5.7	Bestehende Modelle zur Abschätzung des perioperativen Blutbedarfs	71
5.7.1	Maximum Surgical Blood Order Schedule (MSBOS)	71
5.7.2	Patient Specific Blood Ordering System (PSBOS)	72
5.7.3	Surgical Blood Order Equation (SBOE)	73
5.8	Prädiktoren für den perioperativen Blutbedarf	74
5.8.1	Patientenunabhängige Faktoren.....	74
5.8.1.1	Art des Eingriffs.....	75
5.8.1.2	Anwendung von fremdblutsparenden Verfahren.....	78
5.8.2	Individuelle Faktoren.....	79

5.8.2.1 Studien zur Ermittlung individueller Einflussgrößen	79
5.8.2.2 Präoperative Hämoglobinkonzentration	86
5.8.2.3 Körpergewicht, Body Mass Index (BMI)	87
5.8.2.4 Körpergröße	87
5.8.2.5 Geschlecht.....	88
5.8.2.6 Patientenalter.....	88
5.8.2.7 Chronische Begleiterkrankungen.....	89
5.9 Flussdiagramm zur präoperativen Aufklärung über Bluttransfusionen.....	90
6 Zusammenfassung	93
7 Literaturverzeichnis	97
8 Tabellenverzeichnis	111
9 Abbildungsverzeichnis	115
10 Glossar	117
11 Danksagung.....	119

1 Einleitung

Obwohl Blut schon in der Antike mit therapeutischem Ziel verwendet wurde, war eine Transfusion im heutigen Verständnis erst möglich, nachdem William Harvey im Jahre 1628 die Entdeckung des Blutkreislaufs veröffentlichte. Hatte Hippokrates versucht, durch Ingestion von Menschen- und Tierblut eine Übertragung der „Lebenskraft“ zu erreichen, so waren nun die naturwissenschaftlichen Grundlagen für die Transfusionsmedizin geschaffen. Richard Lower führte 1665 die erste uns bekannte Bluttransfusion durch, indem er das Blut aus der A. carotis eines Hundes in die V. jugularis eines zweiten Hundes leitete. Nach der erfolgreichen Bluttransfusion von Tier zu Tier wurde nun tierisches Blut auch auf Menschen übertragen.



Abbildung 1: William Harvey (1578 - 1657) ^[117]



Abbildung 2: Richard Lower (1631 – 1691) ^[28]

Während der folgenden Bluttransfusionen zwischen Tier und Mensch kam es immer wieder zu tödlichen Zwischenfällen, sodass Bluttransfusionen in Frankreich, Italien und England schließlich gesetzlich verboten wurden. Bis Anfang des 19. Jahrhunderts war das Interesse an Bluttransfusionen weitgehend verschwunden. Im Jahre 1818 ließ James Blundell das Prinzip der Bluttransfusion wieder aufleben, um postpartale Blutungen in den Griff zu bekommen. Ihm wird die erste homologe Transfusion zugeschrieben. Blundell entwickelte eine Vorrich-

tung, die mittels der Schwerkraft die direkte Bluttransfusion von Mensch zu Mensch ermöglichte: den Gravitator.



Abbildung 3: James Blundell (1790 – 1877) ^[97]



Abbildung 4: Gravitator; Vorrichtung zur homologen Bluttransfusion mittels Gravitation ^[84]

Die Erfolge waren besser als bei der xenogenen Transfusion. Dennoch traten in etwa der Hälfte der Fälle schwerwiegende Nebenwirkungen auf.

Der nächste Meilenstein der Transfusionsmedizin bestand in der Entdeckung der Blutgruppen im Jahre 1901 durch Karl Landsteiner. Durch dessen Erkenntnisse konnten die Transfusionszwischenfälle deutlich reduziert werden. Nach der Einführung von Natriumcitrat als Gerinnungshemmer im Jahre 1915 wurde es möglich, den Zeitpunkt der Blutentnahme und der Infusion zu trennen. Später folgte die weitere Differenzierung der Blutgruppen.

Erst mit Auftreten von AIDS wurde die Bedeutung der Übertragung von pathogenen Keimen mittels Blut erkannt und entsprechende Vorsichtsmaßnahmen entwickelt.

Auch heute ist Blut immer noch „ein ganz besonderer Saft“^[37]. Es wird vor allem wegen der roten Blutkörperchen eingesetzt, die den Sauerstofftransport zu den Zellen im Gewebe ermöglichen. Bis jetzt ist es noch nicht zufriedenstellend gelungen, diese Funktion des Blutes künstlich zu ersetzen. Deswegen ist man auf die Spendebereitschaft von Freiwilligen angewiesen, die nicht nur bereit sind, sich Blut abnehmen zu lassen, sondern dafür auch noch einen Teil ihrer Freizeit opfern. Laut einer Umfrage von statista gaben im Jahr 2009 etwa 41% der Befragten Personen in Deutschland an, schon einmal Blut gespendet zu haben^[112].

Erythrozytenkonzentrate werden bei Anämien verschiedenster Ursache eingesetzt. Als Anämie wird die Verringerung der Hämoglobinkonzentration des Blutes unter die Norm bezeichnet. Für Männer gilt als untere Grenze eine Hämoglobinkonzentration von 13,5 g/dl, für Frauen eine Konzentration von 12,0 g/dl^[56]. Die Notwendigkeit zur Substitution von Erythrozyten besteht vor allem nach akutem Blutverlust bei großen Operationen oder Unfällen sowie bei chronischen Anämien, wie sie zum Beispiel bei renalen oder malignen Erkrankungen auftreten. Seltener Ursachen sind Störungen der Hämatopoese, Hämolyse (angeborene Erythrozytendefekte, antikörpervermittelt, medikamentös induziert) und Splenomegalie. Die Entscheidung für oder gegen eine Erythrozytentransfusion wird im Allgemeinen anhand der Hämoglobinkonzentration getroffen. In den vergangenen Jahren wurden leidenschaftliche Diskussionen um eine Schwelle geführt, ab der eine Transfusion von roten Blutkörperchen durchgeführt werden sollte^[2,5,8,14,16,17,18,19,22,24,49,52,53,54,58,83,108]. Bis jetzt wurde allerdings keine allgemein gültige Grenze gefunden, es scheint aber klar zu sein, dass der Mensch weit geringere Hämoglobinkonzentrationen toleriert als früher angenommen. So sind die Empfehlungen der Bundesärztekammer, bei einer Hämoglobinkonzentration von 5,0-9,0 g/dl unter Berücksichtigung des Allgemeinzustandes zu transfundieren^[12,13].

Als kritischer Hämatokrit wird ein Wert von 15 % bzw. eine Hämoglobinkonzentration von 5,0 g/dl als absolute Transfusionsindikation angesehen^[12]. Wie jedes Medikament können auch Erythrozytentransfusionen unerwünschte Wirkungen hervorrufen. Am häufigsten tritt eine akute Transfusionsreaktion durch unerkannte Antikörper oder Verwechslung der Konserven auf. Eine gefürchtete Komplikation stellt auch das transfusions-assoziierte Lungenversagen (*transfusion related acute lung injury, TRALI*) dar, das in seiner klinischen Verlaufsform dem ARDS ähnelt. Weitaus seltener, aber in der Bevölkerung gefürchtet, ist die Über-

tragung von Krankheitserregern. Seit dem Auftreten des humanen Immunodefizienz- (HI-) Virus vor fast 30 Jahren ^[38] wurden enorme Anstrengungen unternommen, um dieses Risiko zu minimieren. Dadurch traten in den folgenden Jahren fast keine Übertragungen mehr von HI- oder Hepatitisviren durch die Transfusion von Blutprodukten auf ^[103]. Eine bakterielle Kontamination kann durch Hautkeime bei der Blutabnahme und anschließender Vermehrung im Konservenbeutel entstehen ^[12,13].

Ein weiterer wichtiger Blutbestandteil, der in der Transfusionsmedizin Verwendung findet, ist gefrorenes Frischplasma (GFP, *fresh frozen plasma FFP*). Eingesetzt wird FFP bei Massivtransfusionen, um verlorenes Blutplasma zu ersetzen. Weitere Einsatzbereiche sind die Therapie der disseminierten intravasalen Gerinnung, Blutungen aufgrund eines Lebersynthesedefizits oder Notfälle mit klinisch relevanter Blutungsneigung. Als Substitutionsmittel für einzelne Gerinnungsfaktoren sollten die bestehenden Einzelfaktorpräparate eingesetzt werden. Lediglich bei Mangel von Faktor V oder XI wird FFP eingesetzt, da keine spezifischen Präparate verfügbar sind ^[12,13].

Bei Blutungskomplikationen kann es auch notwendig werden, Thrombozyten zu substituieren. Dies ist der Fall, wenn davon ausgegangen werden muss, dass eine bestehende Thrombozytopenie oder Thrombozytenfunktionsstörung die Ursache ist. Als Transfusionsschwelle gilt bei einer thrombozytopenischen Blutung eine Thrombozytenzahl von 50/nl ^[12,13]. Ohne Blutung können Thrombozytenkonzentrationen bis 10/nl toleriert werden ^[12,13].

Um die Gabe von Erythrozytenkonzentraten und die damit verbundenen unerwünschten Wirkungen zu minimieren, wurden im Lauf der Zeit mehrere Konzepte erstellt, durch die der Körper eigene rote Blutzellen zugeführt bekommt. Wohl am weitesten verbreitet ist die maschinelle Autotransfusion mittels derer Wundblut während der Operation gesammelt und gewaschen wird. Die aufbereiteten Erythrozyten können innerhalb von 6 Stunden dem Patienten zurück transfundiert werden ^[12,13]. Ihr Einsatz ist im Regelfall nur bei Operationen sinnvoll, die einen hohen Blutverlust aufweisen ^[15,41,50]. Außerdem ist es möglich, Drainageblut postoperativ zu sammeln, aufzubereiten und dem Patienten zu infundieren. Einschränkungen bestehen lediglich bei Blut aus einem bakteriell kontaminierten Herd und bei malignen Erkrankungen.

Da der menschliche Körper nach Blutverlusten vermehrt rote Blutkörperchen produziert, besteht die Möglichkeit, präoperativ autologes Blut zu entnehmen, welches dann während der Operation zur Transfusion verwendet werden kann (Eigenblutspende). In der Zeit zwischen Blutentnahme und Eingriff kann das aktivierte Knochenmark das entstandene Defizit abbauen.

Die Stimulation der Erythrozytopoese kann auch von außen erfolgen. Durch die präoperative Gabe von Erythropoetin verfügt der Patient zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs über eine erhöhte Hämoglobinkonzentration im Blut. Dadurch kann er größere Blutverluste erleiden, ohne transfusionspflichtig zu werden.

Meist wird die präoperative Erythropoetintherapie mit der isovolämischen Hämodilution verbunden. Unmittelbar vor Beginn der Operation wird dem Patienten Blut entnommen und das verlorene Volumen durch kolloidale und kristalloide Lösungen ersetzt, um die Normovolämie aufrecht zu erhalten. Nach dieser Maßnahme ist die Hämoglobinkonzentration gesunken und der Patient verliert weniger Erythrozyten pro Volumeneinheit. Fällt die Hämoglobinkonzentration im Blut unter eine vorher festgelegte Schwelle, so wird das entnommene Blut wieder infundiert.

Vor jeder Operation muss der Patient vom Operateur über den Eingriff aufgeklärt werden. Genauso muss der Anästhesist den Patienten über das geplante Anästhesieverfahren und Alternativen aufklären. Beiden Ärzten obliegt gemeinsam die Pflicht zur Aufklärung über das Risiko einer Bluttransfusion und dementsprechend über Alternativen zur Fremdblutgabe ^[30]. Als Grenze gilt hierfür eine Transfusionswahrscheinlichkeit von 10 % ^[12,13,31,116], d.h. ab einer Transfusionswahrscheinlichkeit von 10 % muss der Patient über eine mögliche Bluttransfusion und deren Alternativen aufgeklärt werden. Für das perioperative Gerinnungsmanagement bestehen standardisierte Screening-Methoden ^[68]. Dies wäre auch wünschenswert für den Bedarf perioperativer Bluttransfusionen.

In den vergangenen Jahren ist die Anzahl der hergestellten Erythrozytenkonzentrate in der Bundesrepublik Deutschland bei etwa 4,5 Millionen Einheiten weitgehend konstant geblieben ^[95,96]. Diese enorme Menge muss in den Krankenhäusern verwaltet werden. Dazu dienen

Blutdepots. Dort werden die Konzentrate gelagert und die nötigen Labortests durchgeführt. Neben den medizinischen Belangen wirft der Betrieb eines Blutdepots logistische Fragen auf: Einerseits muss die Versorgung mit notwendigen Blutkonserven sicher gestellt sein, andererseits verursacht die übermäßige Vorhaltung von Konserven unnötige Kosten.

Für einen elektiven Eingriff werden z.B. Erythrozytenkonzentrate präoperativ bestellt. Ist der Weg zwischen Blutdepot und Operationssaal kurz, so können die Blutkonserven in der Regel im Blutdepot verbleiben, da im Fall der Transfusionsbedürftigkeit die Erythrozytenkonzentrate schnell im Operationssaal ankommen. Ist der Weg aber für diese Vorgehensweise zu lang, so müssen die bestellten Konserven zumindest teilweise nahe dem Operationssaal gelagert werden. Sind dann im Anschluss an den Eingriff nicht benötigte Erythrozytenkonzentrate vorhanden, so müssen diese wieder ins Blutdepot transportiert werden. Dadurch entstehen zum einen Kosten, zum anderen erhöht sich das Alter bei Transfusion der zurückgehenden Konzentrate. Dies bringt wahrscheinlich negative Effekte in Bezug auf die Qualität der Konserven mit sich ^[59]. Je höher die Wahrscheinlichkeit für den Einsatz von Erythrozytenkonzentraten ist, desto eher wird man zumindest einen Teil der Konzentrate patientennah lagern.

Wenn man die Zahl der zurücklaufenden Erythrozytenkonzentrate verringern möchte, so muss man eine präoperative Schätzung des Blutbedarfs abgeben können. Dazu stellt sich die Frage nach den grundlegenden Transfusionswahrscheinlichkeiten der verschiedenen Eingriffsarten und präoperativen Parametern, die eine individuelle Vorhersage der benötigten Erythrozytenkonzentrate ermöglichen.

2 Zielsetzung

Das Ziel dieser Arbeit bestand in der Erfassung der Inzidenzen der perioperativen Erythrozytentransfusion und der Berechnung der Transfusionswahrscheinlichkeit für einzelne Operationen am Universitätsklinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München. Anhand dieser Zahlen kann entschieden werden, für welche Eingriffe die präoperative Aufklärung über eine Fremdbluttransfusion und deren Alternativen notwendig ist.

Als zweiter Teil sollten Parameter definiert werden, mit denen es möglich ist, den individuell erwarteten Blutbedarf (Erythrozytenkonzentrate) abzuschätzen und entsprechend Blutkonserven beim Blutdepot anzufordern. Von dieser Vorgehensweise verspricht man sich eine Reduktion der präoperativ gekreuzten, aber nicht transfundierten Konzentrate und damit eine Kosteneinsparung und Verringerung der Lagerungszeit.

3 Material und Methodik

Das Universitätsklinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München gliedert sich in zwei Standorte. Ein Teil befindet sich in der Innenstadt Münchens, der andere Teil in Großhadern. Die Zahl der gesamten Planbetten betrug im Erhebungszeitraum 2.479. Davon befanden sich 1.396 im Klinikum Großhadern und 1.083 in den Innenstadtkliniken ^[120]. In der Innenstadt Münchens befinden sich mehrere Disziplinen, die meist in eigenen Gebäuden untergebracht sind. Dies ist die ursprüngliche Universitätsklinik. Aus Platzgründen entstand in Großhadern eine große Klinik (Beginn der Krankenbehandlung 1974), die alle Fachrichtungen in einem Komplex vereint. Viele Disziplinen sind an beiden Standorten, einige Spezialgebiete jedoch nur an einem Standort vertreten, wie zum Beispiel die Herzchirurgische Klinik in Großhadern.

Am Universitätsklinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München wurden bis vor kurzem die perioperativen Transfusionsdaten mit Hilfe des Anästhesie-Dokumentationssystems ANDOK im Anschluss an jede Operation gespeichert. Außerdem wurden in dieser Zeit innerklinische Patiententransporte, die von einem Anästhesisten begleitet wurden, mit berücksichtigt. Der dokumentierte Zeitraum umfasste die Ankunft des Patienten im Operationssaal bis zum Verlassen des Aufwachraums bzw. bei Transporten die Zeit, in der der Patient der Verantwortung des Anästhesisten unterlag. Für diese Arbeit wurden die Daten von 1990 bis 2002 aus der Datenbank extrahiert. Zur Ermittlung der Transfusionsinzidenzen wurden nur die Daten aus dem Jahr 2002 benutzt.

Die extrahierten Datensätze umfassen eine Dokumentationsnummer, die eine eindeutige Identifizierung erlaubt, das Datum des Eingriffs, den Wochentag, Dringlichkeit des Eingriffs (elektiv/Notfall), Geburtsdatum des Patienten, die durchführende Klinik (siehe Tabelle 1), die ESA-Nummer, mit der jede Eingriffsart als dreistellige Nummer kodiert wird und den momentanen Allgemeinzustand des Patienten, der durch die ASA-Klassifikation ausgedrückt wird. An Transfusionsdaten stehen für jeden Eingriff die Anzahl der transfundierten Erythrozytenkonzentrate, Thrombozytenkonzentrate und Einheiten von gefrorenem Frischplasma zur Verfügung. Des Weiteren ist ersichtlich, ob intraoperativ eine isovolämische Hämodilution bzw. eine maschinelle Autotransfusion (z.B. CellSaver®) durchgeführt wurde. Falls vor dem

Eingriff eine Eigenblutspende statt fand, wird die Anzahl der transfundierten Eigenblutkonserven protokolliert. Nicht erfasst sind dagegen verabreichte kristalloide oder kolloidale Lösungen und die Gabe von Gerinnungspräparaten wie Faktor VII, Faktor VIII, Faktor IX oder PPSB. Die Datenbank gibt weiterhin keinen Aufschluss über Laborwerte, die zur jeweiligen Transfusion geführt haben. Es kann lediglich untersucht werden, welche Art von Konserven in welcher Anzahl transfundiert wurde.

Klinik	Standort
Augenklinik	I
Chirurgische Klinik – Innenstadt	I
Chirurgische Klinik und Poliklinik – Großhadern	GH
Chirurgische Poliklinik – Innenstadt	I
Dr. von Haunersches Kinderspital	I
Herzchirurgische Klinik	GH
Institut für klinische Radiologie	GH, I
Klinik für Anaesthesiologie	GH, I
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie	I
Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie	I
Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe – Großhadern	GH
Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe – Innenstadt	I
Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	GH, I
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	I
Medizinische Klinik und Poliklinik – Innenstadt	I
Medizinische Kliniken und Polikliniken – Großhadern	GH
Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	GH
Orthopädische Klinik und Poliklinik	GH
Urologische Klinik und Poliklinik	GH, I

Tabelle 1: Übersicht über die im ANDOK geführten Kliniken für das Jahr 2002

I = Innenstadt, GH = Großhadern

Aus diesen Daten wurden für das Jahr 2002 retrospektiv die Transfusionsinzidenzen für die einzelnen Eingriffe ermittelt. Anschließend wurden die dazugehörigen relativen Häufigkeiten berechnet. Aufgrund der Tatsache, dass die beobachteten Eingriffe lediglich eine Stichprobe der Grundgesamtheit darstellen, entsprechen die beobachteten relativen Häufigkeiten nicht

den tatsächlichen Transfusionswahrscheinlichkeiten. Eine Schätzung der tatsächlichen Transfusionswahrscheinlichkeit lässt sich jedoch mit statistischen Mitteln durchführen.

Die Transfusionswahrscheinlichkeit hängt nicht davon ab, wie viele Erythrozytenkonzentrate transfundiert wurden. Es ist lediglich von Interesse, ob Blut transfundiert wurde oder nicht. Dadurch ergibt sich eine Variable, die aussagt, ob eine Transfusion stattfand. Diese Variable hat nur zwei Ausprägungen (wahr/falsch) und unterliegt dadurch einer Binomialverteilung mit der Wahrscheinlichkeit p , die der Transfusionswahrscheinlichkeit entspricht.

Für p errechnet sich der Näherungswert a folgendermaßen ^[76]:

$$a = \frac{H_n + 0,5 \cdot c^2}{n + c^2}$$

H_n bezeichnet die Anzahl der positiven Ereignisse (hier: Fälle mit Transfusion), n die Fallzahl und c die Konstante für das gewünschte Signifikanzniveau (für ein 95%-Konfidenzintervall: $c=1,96$).

Das zugehörige Konfidenzintervall KI berechnet sich mittels ^[76]:

$$\varepsilon = \frac{c}{n + c^2} \cdot \sqrt{\frac{H_n \cdot (n - H_n)}{n} + \frac{c^2}{4}}$$

als

$$KI = [a - \varepsilon; a + \varepsilon]$$

Mit Hilfe dieser Gleichungen wurde für das Jahr 2002 die Transfusionswahrscheinlichkeit für jede Eingriffsart abgeschätzt und das zugehörige 95%-Konfidenzintervall berechnet. Aus den Rohdaten wurde eine Microsoft Access Datenbank generiert in der auch die nötigen Berechnungen durchgeführt wurden. Die grafische Darstellung der Daten wurde mit Microsoft Excel bewerkstelligt.

Zur Ermittlung von individuellen Einflussgrößen auf die Transfusionswahrscheinlichkeit wurde eine MEDLINE gestützte Literatur-Recherche durchgeführt. Gesucht wurde nach Studien, die voneinander unabhängige Faktoren für die Transfusionswahrscheinlichkeit definiert haben und nach bereits vorhandenen Algorithmen zur präoperativen Blutbestellung.

4 Ergebnisse

Als perioperative Transfusionen werden alle Transfusionen zwischen der Ankunft im Operationsbereich und dem Verlassen des Aufwachraums registriert. Der Anteil der intraoperativ durchgeführten EK-Transfusionen beträgt im Universitätsklinikum der LMU München zum Zeitpunkt dieser Arbeit ca. 10 % der insgesamt durchgeführten Transfusionen von Erythrozytenkonzentraten. Dabei errechnet sich das Verhältnis von gekreuzten zu transfundierten Konzentraten als etwa 2:1, was bedeutet, dass ca. die Hälfte aller gekreuzten Erythrozytenkonzentrate wieder zurück ins Blutdepot gelangt.

4.1 Verlauf des Aufkommens perioperativer Transfusionen

Die Zahl der durchgeführten Transfusionen hat sich in den letzten Jahren gewandelt: In den vergangenen zehn Jahren war ein deutlicher Abwärtstrend in der Anwendung der Fremdbluttransfusion zu verzeichnen. Seit dem Jahr 2000 befindet sich die Anwendung von Transfusionen auf einem konstanten Niveau (Abbildung 5).

4.1.1 Vergleich der Transfusionsdaten des Jahres 2002 mit dem Vorjahr

Im gesamten Klinikum wurden im Jahr 2002 perioperativ 4.538 Erythrozytenkonzentrate (EK) transfundiert. Dies entspricht einer Verminderung um 2,1 % im Vergleich zum Vorjahr. Der perioperative Verbrauch an gefrorenem Frischplasma (FFP) stieg um 14,1 % auf 4.126 Konserven. Bei den Thrombozytenkonzentraten (TK) war eine Steigerung des Verbrauchs um 1,9 % zu verzeichnen. Im Gegensatz zu den homologen Konserven ging die Anwendung von autologen Bluttransfusionen zurück. Die Transfusion von Eigenblut sank auf 41 Einheiten (-21,2 %), eine isovolämische Hämodilution wurde in 212 Fällen durchgeführt (-61,2 %).

	EK	FFP	TK	Eigenblut	Hämodilution	MAT	Fallzahl
2000	4.661	3.632	512	68	505	1.706	42.352
2001	4.635	3.616	589	52	547	1.692	42.937
2002	4.538	4.126	600	41	212	1.497	42.828

Tabelle 2: Perioperativer Verbrauch von Blutkomponenten 2000 – 2002 im Universitätsklinikum der LMU Notfallmäßige und elektive Eingriffe. EK = Erythrozytenkonzentrate, FFP = gefrorenes Frischplasma, TK = Thrombozytenkonzentrate, Eigenblut = Eigenblutkonserven, Hämodilution = Fälle mit isovolämischer Hämodilution, MAT = Fälle mit intraoperativer maschineller Autotransfusion

Auch der Einsatz der maschinellen Autotransfusion ging im Vergleich zum Vorjahr zurück. Sie wurde in 1.497 Fällen eingesetzt, dies entspricht einem Rückgang um 11,5 %. Die Zahl der registrierten Fälle blieb dabei aber konstant (-0,25 %).

4.1.2 Verlauf der vorausgegangenen 10 Jahre

Bezieht man die Daten auf die Gesamtzahl der Fälle, so ist es möglich, die Entwicklung im Lauf der letzten Jahre unter Berücksichtigung verschiedener Fallzahlen darzustellen (Abbildung 5). Die Grafik verdeutlicht ein Absinken des Blutverbrauchs in den letzten zehn Jahren. Seit 2000 befindet sich der Verbrauch von Erythrozytenkonzentraten und Frischplasmakonserven auf einem stabilen Niveau.

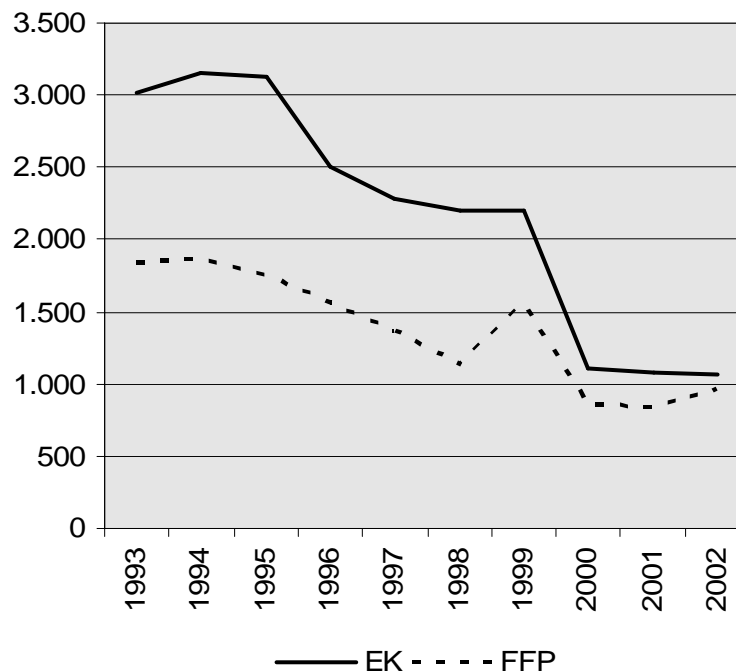


Abbildung 5: Entwicklung des perioperativen Verbrauchs von EK und FFP innerhalb der zurück liegenden 10 Jahre bezogen auf 10.000 Fälle, notfallmäßige und elektive Eingriffe

Bei den autologen Verfahren ist der Verlauf unterschiedlich. Während die Verwendung der maschinellen Autotransfusion zugenommen hat, ist die präoperative Eigenblutspende seltener geworden. Die isovolämische Hämodilution schwankt in ihrer Anwendung von Jahr zu Jahr, der Trend zeigt aber einen leichten Rückgang an (Abbildung 6).

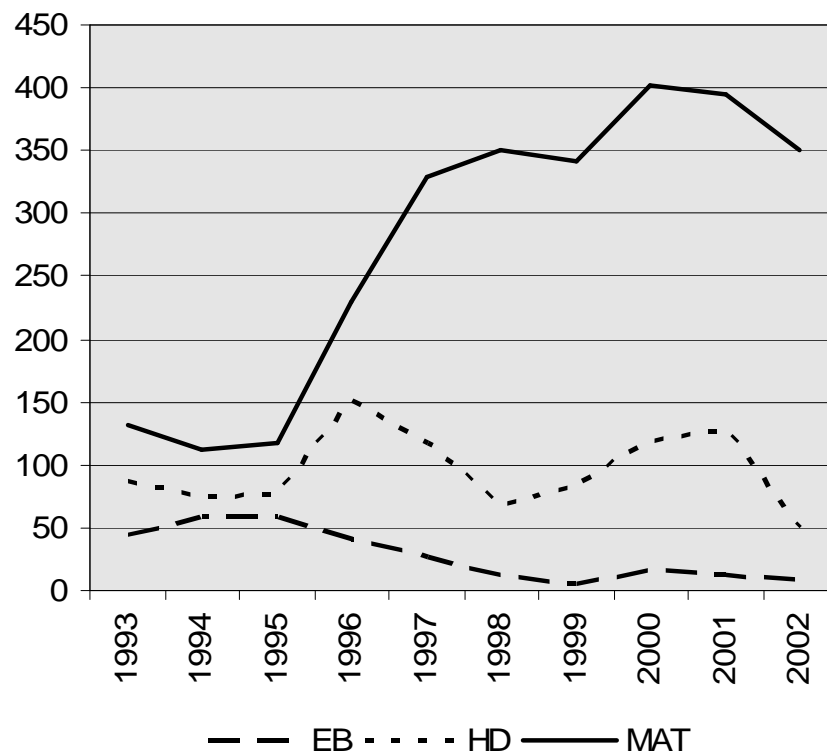


Abbildung 6: Entwicklung des perioperativen Verbrauchs von Eigenblutkonserven (EB) und Verwendung der isovolämischen Hämodilution (HD) bzw. maschinellen Autotransfusion (MAT) bezogen auf 10.000 Fälle, notfallmäßige und elektive Eingriffe

4.2 Vergleich der beiden Standorte Großhadern und Innenstadt

Für das Jahr 2002 wurden die beiden Standorte der LMU-Kliniken miteinander verglichen. Registriert sind alle Arten von Eingriffen, bei denen ein Anästhesist bzw. eine Anästhesistin anwesend war. Das reicht vom anästhesiebegleiteten Transport innerhalb des Klinikums bis zum herzchirurgischen Eingriff. Zum Teil sind die einzelnen Fachgebiete nur an einem, zum Teil sind die Fachgebiete an beiden Standorten vertreten.

4.2.1 Fachgebiete

Deutliche Unterschiede im Transfusionsaufkommen traten schon allein aufgrund der ungleichen Fallzahlen auf. In Großhadern fanden 23.566 operative Eingriffe statt, davon 17.362 (73,7 %) elektiv und 6.204 (26,3 %) notfallmäßig. Der Anteil der elektiven Eingriffe ist in den Innenstadtkliniken ähnlich, die Gesamtfallzahl aber mit 16.248 deutlich geringer. Davon waren 12.790 (78,7 %) elektiv und 3.458 (21,3 %) notfallmäßig. Die berücksichtigten Fachgebiete sind Tabelle 3 zu entnehmen.

Fachgebiet	Großhadern	Innenstadt
Augenheilkunde	-	2.504
Chirurgie	5.501	5.260
Dermatologie	-	720
Gynäkologie	3.533	3.533
Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	3.745	1.016
Herzchirurgie	1.343	-
Innerklinischer Transport mit Anästhesist	834	595
Kinderklinik	-	3.012
Medizinische Klinik	223	576
Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	-	1.136
Neurochirurgie	1.711	-
Orthopädie	1.645	-
Psychiatrie	-	813
Radiologie	2.389	14
Urologie	2.290	83

Tabelle 3: Fallzahlen der anästhesiebegleiteten Eingriffe in den einzelnen Fachbereichen für das Jahr 2002

Elektive und notfallmäßige Eingriffe

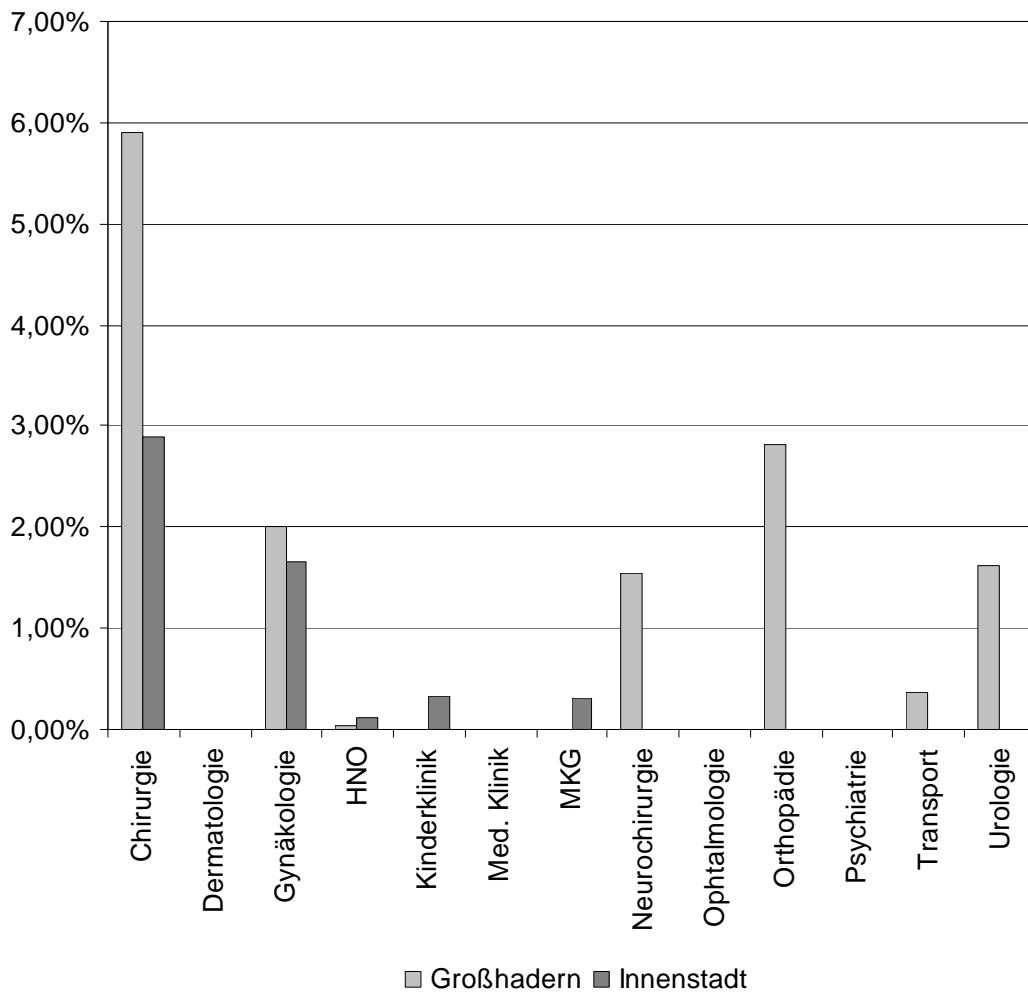


Abbildung 7: Inzidenz von Erythrozytentransfusionen im Jahr 2002, elektive Eingriffe
 Anteil der Patienten mit EK-Transfusionen an der Gesamtzahl der Fälle des Fachgebiets
 HNO = Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde; MKG = Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Zu den Bereichen, die an beiden Standorten in größerem Ausmaß vertreten waren, gehörten der anästhesiebegleitete Transport, die Chirurgische Klinik, die Gynäkologie und die HNO (Tabelle 3). Neurochirurgische, urologische und orthopädische Eingriffe wiesen zwar relativ große Fallzahlen auf, wurden aber fast ausschließlich in Großhadern durchgeführt. Deswegen kann man diese Bereiche nicht zu einem Vergleich der beiden Standorte heranziehen. In den

Grafiken nicht dargestellt ist die Herzchirurgie, da hier sehr große Mengen an Blut verbraucht werden und deswegen die Unterschiede in den anderen Gebieten nicht mehr so gut hervortreten, zumal eine herzchirurgische Klinik nur in Großhadern vorhanden ist.

Für die Verteilung der Transfusionen von Frischplasma waren ähnliche Ergebnisse erkennbar. Die Inzidenzen verhielten sich analog den Inzidenzen der EK-Transfusion (Abbildung 8).

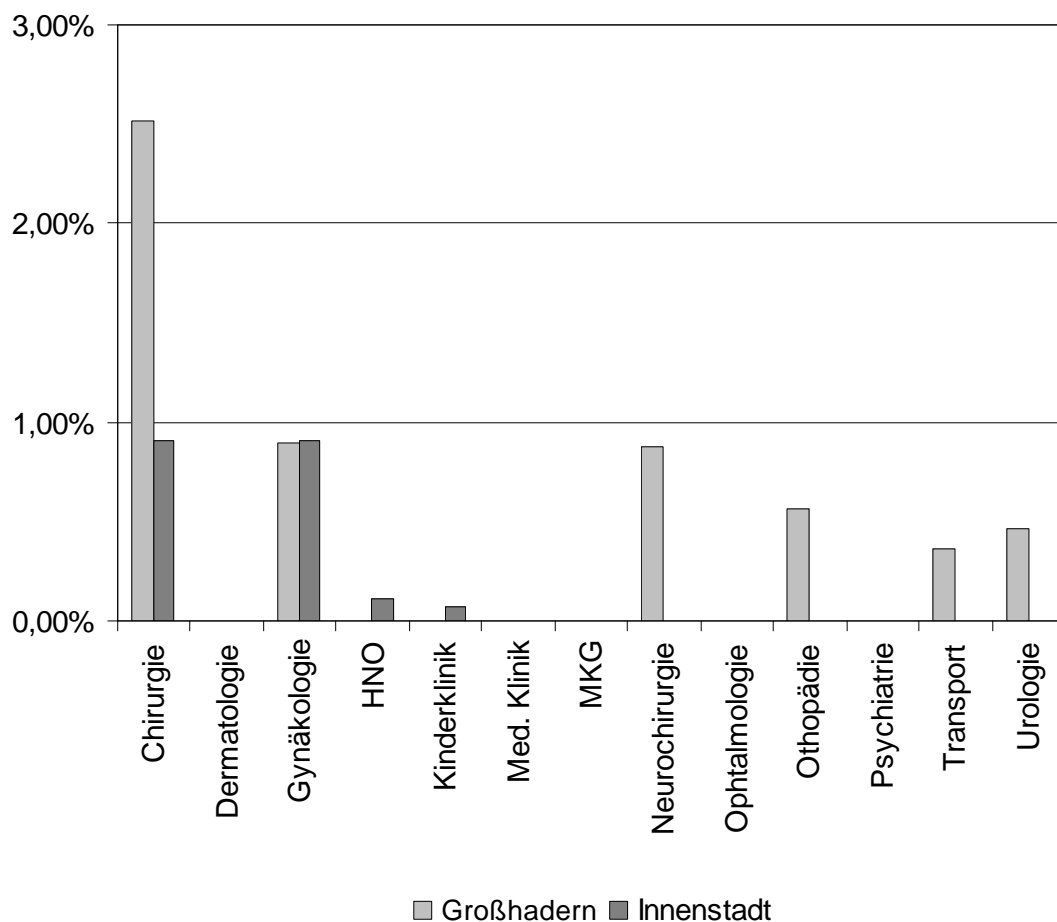


Abbildung 8: Inzidenz von Frischplasmatransfusionen im Jahr 2002, elektive Eingriffe
 Anteil der Patienten mit FFP-Transfusionen an der Gesamtzahl der Fälle des Fachgebiets
 HNO = Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde; MKG = Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Vergleicht man den durchschnittlichen Verbrauch von Erythrozytenkonzentraten der einzelnen Kliniken an den beiden Standorten, so wird in Großhadern pro Eingriff häufig mehr Blut

transfundiert (Tabelle 4). Da die meisten Anästhesisten zwischen den beiden Standorten rotieren ist ein unterschiedliches Transfusionsverhalten praktisch ausgeschlossen.

	Großhadern	Innenstadt	Großhadern/Innenstadt
Chirurgische Klinik	0,17	0,08	2,14
Gynäkologie	0,05	0,04	1,31
HNO	0,0006	0,001	0,53

Tabelle 4: Durchschnittlicher EK-Verbrauch pro Eingriff im Jahr 2002
 elektive Eingriffe; Kliniken, die an beiden Standorten mit Fallzahlen > 500 pro Jahr vertreten sind

4.2.2 Patientenkollektiv

Die Häufigkeit von Bluttransfusionen hängt natürlich stark vom Patientenkollektiv ab. Als Indikator für die Schwere der Erkrankungen wurde die Einteilung der Patienten in die ASA-Klassifikation und das Altersprofil der Patienten untersucht.

Die Schwere der Erkrankungen wird mittels der ASA-Klassifikation bei Patienten in Großhadern etwas größer angegeben als bei den Patienten in der Innenstadt (Abbildung 9).

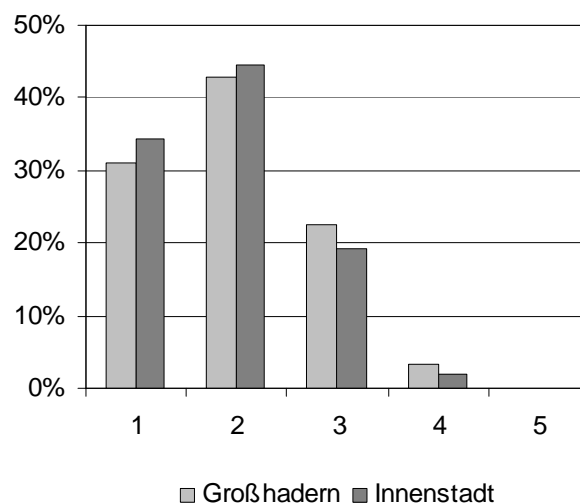


Abbildung 9: Häufigkeiten der verschiedenen ASA-Klassen
 Anteil an der Gesamtzahl der Patienten

In der Altersverteilung ergeben sich ebenfalls Unterschiede (Abbildung 10).

	Modus	Fallzahl	Inzidenz der EK-Transfusion	Durchschnittliche ASA-Klasse	Durchschnittliches Alter (Jahre)
Großhadern ohne Herzchirurgie	Elektiv + Notfall	22.209	3,01 %	2,09	50,74
	Elektiv	16.243	2,45 %	1,91	51,18
	Notfall	5.966	4,53 %	2,59	49,57
Innenstadtkliniken ohne Kinderspital	Elektiv + Notfall	16.248	1,57 %	1,93	46,07
	Elektiv	12.790	1,24 %	1,89	47,02
	Notfall	3.458	2,78 %	2,10	42,56

Tabelle 5: Altersdurchschnitt und ASA-Klasse der Patienten in Großhadern und den Innenstadt-Kliniken
Für Großhadern wurde die Herzchirurgie wegen der hohen Transfusionsinzidenz, für die Innenstadtkliniken wurde die Kinderklinik wegen des niedrigen Durchschnittsalters nicht berücksichtigt.

Die graphische Darstellung der Altersverteilungen (Abbildung 10) zeigt die Unterschiede zwischen Großhadern und den Innenstadtkliniken deutlich auf. Im Vergleich zu den Innenstadtkliniken lag der Anteil der 50-69jährigen in Großhadern wesentlich höher. Die Altersverteilung in den Innenstadtkliniken war allgemein gleichmäßiger. So lag dort der Anteil 0-29jährigen, aber auch der 80-99jährigen höher als in Großhadern.

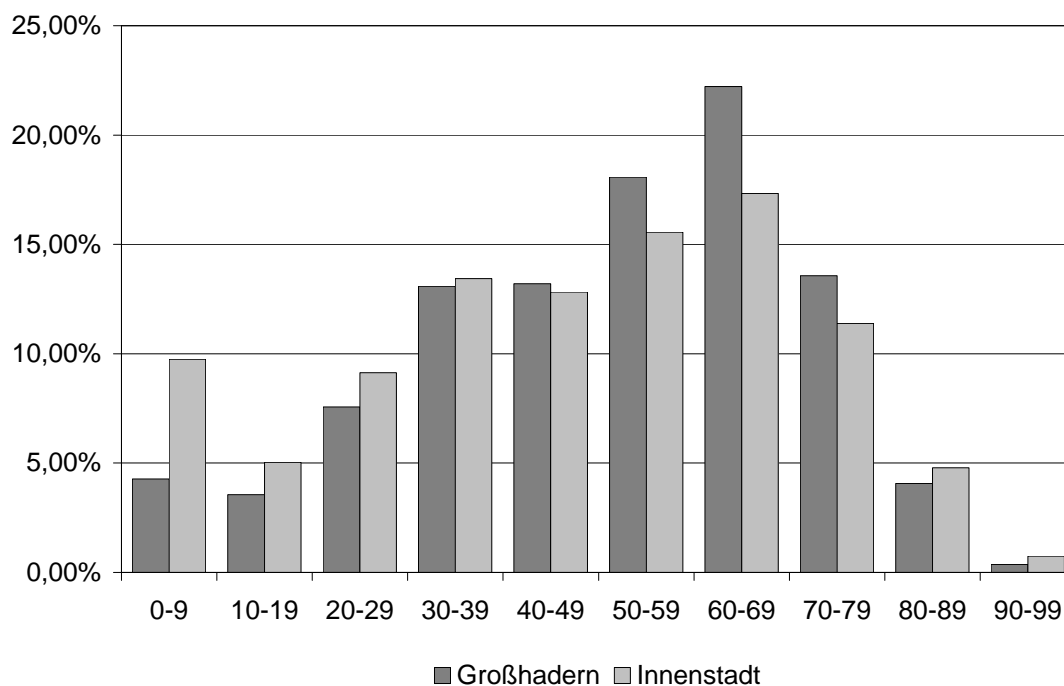


Abbildung 10: Altersverteilung der Patienten im Jahr 2002

Angabe der Altersgruppen in Jahren; nur elektive Eingriffe; Innenstadtkliniken ohne die Kinderklinik

4.3 Transfusionswahrscheinlichkeiten in den einzelnen Fachgebieten

Nachfolgend werden die einzelnen Eingriffe der verschiedenen Kliniken mit den zugehörigen Transfusionswahrscheinlichkeiten dargestellt. Die Übersichtstabellen folgen immer demselben Schema: Es werden Operationsart, Fallzahl, mittlerer Verbrauch von Erythrozytenkonserven, die relative Häufigkeit der EK-Transfusion, die berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit und das zugehörige 95%-Konfidenzintervall aufgeführt. Der durchschnittliche Verbrauch in Bezug auf die Fälle, in denen eine Transfusion notwendig war, errechnet sich als mittlerer EK-Verbrauch / relative Häufigkeit. Transfusionswahrscheinlichkeiten größer 10 % sind hinterlegt. Berücksichtigt werden in den Aufstellungen für die einzelnen Kliniken nur Eingriffe mit mehr als fünf Fällen, da die statistische Aussagekraft bei sehr geringen Fallzahlen schlecht ist.

4.3.1 Klinikum Großhadern

Für das Klinikum Großhadern wurden folgende Fachgebiete berücksichtigt:

Klinik	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p_{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Chirurgische Klinik und Poliklinik	4.205	0,17	5,90 %	5,94 %	5,23 % - 6,65 %
Herzchirurgische Klinik	1.105	1,16	40,00 %	40,03 %	37,15 % - 42,92 %
Innerklinischer Transport mit Anästhesist	274	0,00	0,36 %	1,05 %	0,06 % - 2,04 %
Institut für klinische Radiologie	838	0,00	0,00 %	0,23 %	0,00 % - 0,46 %
Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe	2.236	0,05	2,10 %	2,18 %	1,58 % - 2,78 %
Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	3.416	0,00	0,03 %	0,09 %	0,01 % - 0,17 %
Medizinische Kliniken und Polikliniken	144	0,00	0,00 %	1,30 %	0,00 % - 2,60 %
Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	1.366	0,04	1,54 %	1,67 %	1,01 % - 2,34 %
Orthopädische Klinik und Poliklinik	1.595	0,06	2,82 %	2,93 %	2,12 % - 3,75 %
Urologische Klinik und Poliklinik	2.163	0,05	1,62 %	1,70 %	1,17 % - 2,24 %

Tabelle 6: Transfusionsaufkommen für das Jahr 2002 im Klinikum Großhadern

Elektive Eingriffe, Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonzentraten pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit der Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = errechnete durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit

Durch die grafische Darstellung der Transfusionswahrscheinlichkeiten wird die außergewöhnliche Situation in der Herzchirurgie deutlich (Abbildung 11). Sind die chirurgischen Kliniken unter den anderen Disziplinen Spitzenreiter in Sachen Bluttransfusion, so überschreitet die durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit nicht 6 %. In der Herzchirurgie wird dagegen eine durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit von 40 % erreicht.

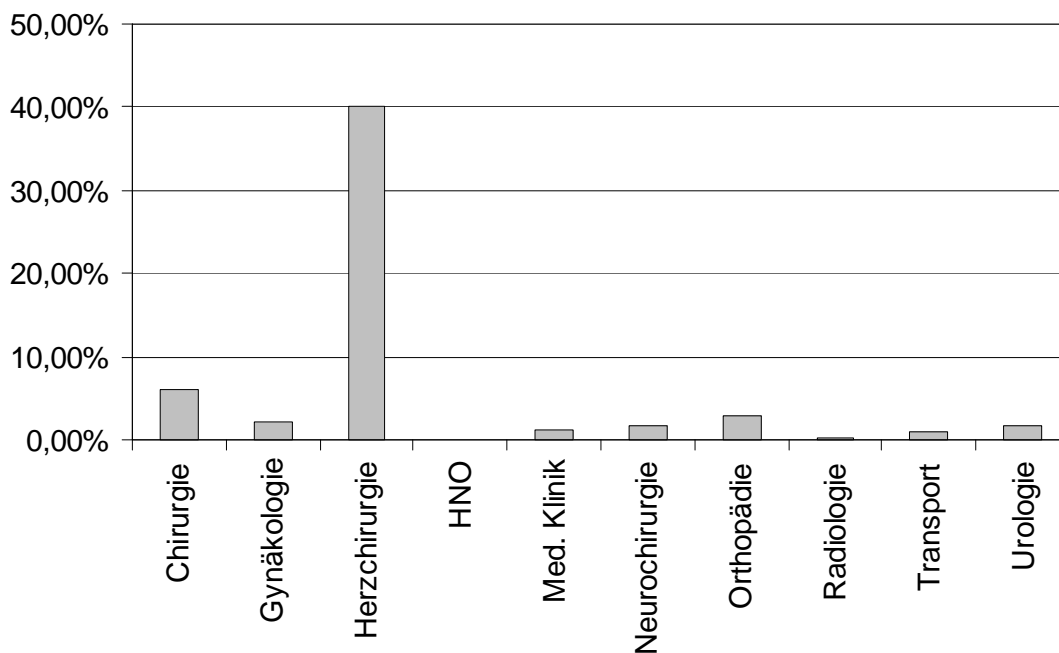


Abbildung 11: Durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit in den einzelnen Fachgebieten des Klinikums Großhaderns
Elektive Eingriffe des Jahres 2002

4.3.1.1 Chirurgische Klinik und Poliklinik

In der chirurgischen Klinik und Poliklinik fanden 49 verschieden codierte Eingriffsarten statt, bei denen perioperativ Blut transfundiert wurde. Für 34 Eingriffsarten liegt die Transfusionswahrscheinlichkeit über 10 %, bei den restlichen 15 Eingriffsarten errechnet sich die Transfusionswahrscheinlichkeit als kleiner 10 %. Zusätzlich fanden bei 19 Eingriffsarten Transfusionen statt, die Fallzahl lag aber bei fünf oder weniger Fällen.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p_{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Abdominales Aortenaneurysma (operative Versorgung)	64	0,38	17,19 %	19,05 %	9,88 % - 28,21 %
Abszessspaltung	43	0,02	2,33 %	6,24 %	0,41 % - 12,06 %
Amputation (ohne nähere Angabe)	47	0,38	19,15 %	21,48 %	10,42 % - 32,54 %
Anus praeter – Anlage	10	0,20	10,00 %	21,10 %	1,79 % - 40,42 %
Anus praeter – Rückverlagerung	59	0,10	5,08 %	7,83 %	1,74 % - 13,92 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Bruchlückenverschluss	184	0,07	1,09 %	2,09 %	0,30 % - 3,88 %
Cholecystektomie (laparoskopisch + Laparotomie)	197	0,01	0,51 %	1,45 %	0,09 % - 2,82 %
Dickdarm-Segmentresektion	21	0,05	4,76 %	11,76 %	0,85 % - 22,67 %
Dickdarm-Sigmaresektion	70	0,31	12,86 %	14,79 %	6,91 % - 22,66 %
Dünndarm-Ileus (operative Versorgung)	11	0,09	9,09 %	19,68 %	1,62 % - 37,74 %
Dünndarm-Resektion	28	0,21	10,71 %	15,45 %	3,71 % - 27,20 %
Embolektomie/Thrombektomie	68	0,09	5,88 %	8,24 %	2,31 % - 14,17 %
Endoskopie, sonstige	53	0,02	1,89 %	5,14 %	0,33 % - 9,94 %
Gastrektomie	41	0,39	14,63 %	17,66 %	6,88 % - 28,44 %
Gefäßbypass mit LAP	8	0,25	12,50 %	24,67 %	2,24 % - 47,09 %
Gefäßbypass peripher	72	0,10	4,17 %	6,49 %	1,43 % - 11,55 %
Großer Beckeneingriff (ohne nähere Angabe)	7	0,57	14,29 %	26,94 %	2,57 % - 51,31 %
Hämatomausräumung	21	0,10	4,76 %	11,76 %	0,85 % - 22,67 %
Hauteingriff (ohne nähere Angabe)	20	0,10	5,00 %	12,25 %	0,89 % - 23,61 %
Hemicolektomie	52	0,58	21,15 %	23,14 %	12,24 % - 34,03 %
Hüfte-DHS	13	0,46	23,08 %	29,22 %	8,18 % - 50,26 %
Hüfte-TEP mit Zement	35	0,31	14,29 %	17,82 %	6,26 % - 29,38 %
Hüfte-TEP Wechsel	11	1,73	54,55 %	53,37 %	28,01 % - 78,73 %
Hüfte-TEP zementlos	14	0,50	21,43 %	27,58 %	7,57 % - 47,59 %
Hüftoperation (ohne nähere Angabe)	74	0,31	14,86 %	16,60 %	8,51 % - 24,69 %
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	129	0,78	19,38 %	20,27 %	13,49 % - 27,05 %
Leber-Teilresektion	80	0,81	27,50 %	28,53 %	18,92 % - 38,14 %
Leber-Transplantation	10	2,90	40,00 %	42,78 %	16,82 % - 68,73 %
Lunge-atypische Resektion	98	0,10	4,08 %	5,81 %	1,60 % - 10,03 %
Lunge-Lobektomie/Bilobektomie	37	0,19	8,11 %	12,05 %	2,80 % - 21,30 %
Lunge-Segmentresektion	16	0,88	12,50 %	19,76 %	3,50 % - 36,02 %
Magen-Hochzug	6	2,50	50,00 %	50,00 %	18,76 % - 81,24 %
Magenoperation (ohne nähere Angabe)	15	0,13	6,67 %	15,50 %	1,19 % - 29,82 %
Mammaoperation	27	0,04	3,70 %	9,47 %	0,66 % - 18,28 %
Niere-Pankreas Transplantation	6	1,33	66,67 %	60,16 %	30,00 % - 90,32 %
Niere-Transplantation	46	0,11	4,35 %	7,87 %	1,20 % - 14,53 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Oberarm Operation (ohne nähere Angabe)	68	0,06	4,41 %	6,85 %	1,51 % - 12,19 %
Oberschenkel Operation (ohne nähere Angabe)	69	0,12	7,25 %	9,50 %	3,13 % - 15,87 %
Oesophagus Operation (ohne nähere Angabe)	6	0,50	33,33 %	39,84 %	9,68 % - 70,00 %
Pleurodese	45	0,02	2,22 %	5,98 %	0,39 % - 11,57 %
Pneumonektomie	19	0,32	10,53 %	17,17 %	2,94 % - 31,39 %
Rektumresektion	48	0,31	16,67 %	19,14 %	8,70 % - 29,58 %
Relaparotomie	55	0,33	12,73 %	15,16 %	6,30 % - 24,02 %
Rippenresektion	14	0,14	7,14 %	16,37 %	1,27 % - 31,47 %
Thorakotomie (ohne nähere Angabe)	52	0,37	13,46 %	15,98 %	6,68 % - 25,27 %
Unterschenkel Operation (ohne nähere Angabe)	125	0,02	1,60 %	3,04 %	0,44 % - 5,65 %
Whipple Operation	26	2,96	38,46 %	39,95 %	22,43 % - 57,47 %
Wirbelsäuleneingriff (ohne nähere Angabe)	29	0,59	13,79 %	18,03 %	5,50 % - 30,56 %
Wundversorgung	58	0,02	1,72 %	4,72 %	0,30 % - 9,14 %

Tabelle 7: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Chirurgischen Klinik Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.1.2 Herzchirurgische Klinik

Wie aus Abbildung 11 ersichtlich nimmt die Herzchirurgie in der Transfusionsmedizin eine Sonderstellung ein. In keinem anderen Fachgebiet werden auch nur annähernd so häufig Bluttransfusionen während operativer Eingriffe benötigt. Alle aufgeführten Eingriffsarten weisen eine Transfusionswahrscheinlichkeit größer 10 % auf. Durch zum Teil geringe Fallzahlen lässt sich für einige Operationen die Transfusionswahrscheinlichkeit allerdings nur ungenau bestimmen. 13 Eingriffe werden aufgrund niedriger Fallzahlen nicht aufgeführt.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
ACB + Eingriff an A. carotis	6	0,17	16,67 %	29,68 %	3,01 % - 56,35 %
ACB + Klappenersatz	54	2,07	61,11 %	60,37 %	47,79 % - 72,96 %
ACB minimal invasiv	8	0,50	12,50 %	24,67 %	2,24 % - 47,09 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Aorten-Isthmusstenose Korrektur	16	0,19	12,50 %	19,76 %	3,50 % - 36,02 %
Aortenklappenersatz	95	1,59	50,53 %	50,51 %	40,65 % - 60,36 %
Arterio coronarer Bypass	369	1,18	46,61 %	46,65 %	41,58 % - 51,71 %
Arterio coronarer Bypass (Re)	10	2,50	90,00 %	78,90 %	59,58 % - 98,21 %
Ascendensaneurysma – Operation	27	2,30	48,15 %	48,38 %	30,74 % - 66,01 %
Doppelklappenersatz	10	2,90	70,00 %	64,45 %	39,68 % - 89,22 %
Herzchirurgie (ohne nähere Angabe)	33	1,09	33,33 %	35,07 %	19,75 % - 50,39 %
Herzfehler: AV-Kanal/Korrektur	9	1,00	55,56 %	53,89 %	26,66 % - 81,12 %
Herzfehler: Fallot	9	1,11	55,56 %	53,89 %	26,66 % - 81,12 %
Herzfehler: Hemifontan/Fontan	10	0,90	60,00 %	57,22 %	31,27 % - 83,18 %
Herzfehler: Norwood	6	2,50	83,33 %	70,32 %	43,65 % - 96,99 %
Herzfehler: ohne nähere Angabe	26	1,35	65,38 %	63,40 %	46,22 % - 80,59 %
Herzfehler: TGA/Korrektur	11	2,55	81,82 %	73,58 %	52,30 % - 94,86 %
Herz-Klappen Operation (Re)	19	3,89	84,21 %	78,46 %	62,43 % - 94,48 %
Herztransplantation	7	3,00	57,14 %	54,61 %	25,05 % - 84,18 %
Mitralklappenersatz	57	1,23	38,60 %	39,32 %	27,06 % - 51,57 %
Operation nicht begonnen	12	0,08	8,33 %	18,44 %	1,49 % - 35,39 %
Rethorakotomie	9	1,22	55,56	53,89 %	26,66 % - 81,12 %
Reverschluss des Brustkorbs	20	0,65	40,00 %	41,61 %	21,88 % - 61,34 %
Ventrikelseptumdefekt	31	1,13	64,52 %	62,92 %	46,95 % - 78,88 %
Vorhofseptumdefekt	29	0,28	20,69 %	24,12 %	9,85 % - 38,39 %

Tabelle 8: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Herzchirurgie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit, (Re) = Wiederholungseingriff; ACB = Arterio coronarer Bypass

4.3.1.3 Innerklinischer Transport mit Anästhesiebegleitung

Für anästhesiebegleitete innerklinische Transporte ergibt sich keine „Eingriffsart“, bei der Fremdblut benötigt wurde und die eine Fallzahl von mehr als fünf Patienten aufwies. Die durchschnittliche berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit beträgt 1,05 % (Tabelle 6).

4.3.1.4 Institut für klinische Radiologie

Bei elektiven Eingriffen in der Radiologie wurden in keinem der Fälle Blutkonserven transfundiert. Die durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit berechnet sich als 0,23 % (Tabelle 6).

4.3.1.5 Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe

Von den acht aufgeführten Eingriffsarten in der Gynäkologie besitzen fünf eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mindestens 10 % und drei eine Transfusionswahrscheinlichkeit kleiner 10 %. Eine Operationsart ist aufgrund der geringen Fallzahl von fünf Patienten nicht aufgeführt.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Explorative LAP bei Ovarial Carcinom	54	0,67	25,93 %	27,52 %	16,12 % - 38,93 %
Laparoskopie, diagnostisch	325	0,01	0,62 %	1,19 %	0,17 % - 2,22 %
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	155	0,30	12,90 %	13,80 %	8,51 % - 19,09 %
Relaparotomie	13	0,08	7,69 %	17,34 %	1,37 % - 33,31 %
Untersuchung in Narkose	11	0,27	9,09 %	19,68 %	1,62 % - 37,74 %
Uterus-Exstirpation per LAP (+LK)	91	0,11	5,49 %	7,30 %	2,37 % - 12,22 %
Vagina - Inkontinenz Operation	56	0,13	3,57 %	6,55 %	0,98 % - 12,12 %
Wertheim-Operation (+LK)	19	0,21	5,26 %	12,79 %	0,94 % - 24,64 %

Tabelle 9: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Gynäkologie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.1.6 Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

Von allen Eingriffen auf dem Gebiet der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde wurde nur bei einer Eingriffsart elektiv Blut transfundiert. Die Transfusionswahrscheinlichkeit für diese Eingriffsart errechnet sich zu 2,50 %.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Parotidektomie	113	0,02	0,88 %	2,50 %	0,16 % - 4,84 %

Tabelle 10: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der HNO Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.1.7 Medizinische Kliniken und Polikliniken

Bei elektiven Einsätzen der Anästhesie in den medizinischen Kliniken wurde in keinem der Fälle Blut transfundiert. Die durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit errechnet sich dennoch als 1,30 % (Tabelle 6).

4.3.1.8 Neurochirurgische Klinik und Poliklinik

In der Neurochirurgie besitzen sieben der zehn verschiedenen Eingriffsarten mit Transfusionen eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mindestens 10 %. Die restlichen drei Operationsarten weisen eine Transfusionswahrscheinlichkeit kleiner 10 % auf.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Akustikusneurinom, transtemporale Exstirpation	18	0,06	5,56 %	13,37 %	0,99 % - 25,76 %
Gehirn-Operation bei Aneurysma/Angiom	78	0,22	6,41 %	8,46 %	2,77 % - 14,14 %
Großhirn-Operation bei hirneigenen Tumoren	141	0,02	1,42 %	2,71 %	0,39 % - 5,02 %
Großhirn-Operation bei Meningeom	98	0,05	3,06 %	4,83 %	1,05 % - 8,62 %
Großhirn-Operation bei Metastasen	22	0,32	13,64 %	19,04 %	4,75 % - 33,34 %
Großhirn-Operation bei Missbildungen	15	0,07	6,67 %	15,50 %	1,19 % - 29,82 %
Schädel-Frakturversorgung	30	0,13	6,67 %	11,59 %	1,85 % - 21,32 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Wirbelsäule, thorakale Laminektomie	33	0,18	6,06 %	10,64 %	1,68 % - 19,61 %
Wirbelsäule, Verplattung	7	1,00	14,29 %	26,94 %	2,57 % - 51,31 %
Wirbelsäuleneingriff (ohne nähere Angabe)	21	0,10	4,76 %	11,76 %	0,85 % - 22,67 %

Tabelle 11: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Neurochirurgie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.1.9 Orthopädische Klinik und Poliklinik

In der Orthopädie fanden bei 10 verschiedenen Eingriffsarten Bluttransfusionen statt. In fünf Fällen beträgt die Transfusionswahrscheinlichkeit mindestens 10 %, in den anderen fünf weniger als 10 %. Drei Operationsarten werden aufgrund der geringen Fallzahlen nicht aufgeführt.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Hüfte-TEP Wechsel	48	0,71	27,08 %	28,78 %	16,57 % - 41,00 %
Hüfte-TEP mit Zement	77	0,32	11,69 %	13,51 %	6,27 % - 20,75 %
Hüfte-TEP zementlos	75	0,19	10,67 %	12,58 %	5,50 % - 19,66 %
Hüftoperation (ohne nähere Angabe)	61	0,05	4,92 %	7,59 %	1,69 % - 13,49 %
Knieoperation (ohne nähere Angabe)	349	0,01	0,29 %	0,83 %	0,05 % - 1,60 %
Schulteroperation (ohne nähere Angabe)	234	0,00	0,43 %	1,23 %	0,08 % - 2,38 %
Wirbelsäule, lumbale - Laminektomie dorsal	33	0,21	9,09 %	13,36 %	3,14 % - 23,57 %
Wirbelsäule, lumbale Nukleotomie	44	0,02	2,27 %	6,11 %	0,40 % - 11,81 %
Wirbelsäule, Verplattung	21	0,10	4,76 %	11,76 %	0,85 % - 22,67 %
Wirbelsäuleneingriff (ohne nähere Angabe)	47	0,04	2,13 %	5,74 %	0,38 % - 11,11 %

Tabelle 12: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Orthopädie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.1.10 Urologische Klinik und Poliklinik

In der Urologie fanden elf verschiedene Eingriffe statt, bei denen Blut transfundiert wurde. Sieben Eingriffsarten weisen eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mindestens 10 % und die restlichen vier Eingriffsarten eine Transfusionswahrscheinlichkeit kleiner 10 % auf. Zwei Eingriffsarten sind wegen der Fallzahl von fünf oder weniger nicht aufgelistet.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p_{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Blaseneingriff (ohne nähere Angabe)	133	0,03	0,75 %	2,13 %	0,13 % - 4,14 %
Blasen-Entfernung	25	0,40	24,00 %	27,46 %	11,50 % - 43,43 %
Blase-Plastik	24	0,04	4,17 %	10,49 %	0,74 % - 20,24 %
Harnleiter-Plastik	16	0,13	6,25 %	14,72 %	1,11 % - 28,33 %
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	19	0,37	5,26 %	12,79 %	0,94 % - 24,64 %
Niereoperation (ohne nähere Angabe)	26	0,15	3,85 %	9,79 %	0,68 % - 18,89 %
Niere-Teilentfernung	21	0,19	4,76 %	11,76 %	0,85 % - 22,67 %
Niere-Transplantation	11	0,09	9,09 %	19,68 %	1,62 % - 37,74 %
Prostata Operation (ohne nähere Angabe)	132	0,02	0,76 %	2,15 %	0,13 % - 4,17 %
Prostata-Tumorchirurgie	93	0,24	6,45 %	8,18 %	2,99 % - 13,37 %
Tumornephrektomie	79	0,48	16,46 %	18,01 %	9,88 % - 26,15 %

Tabelle 13: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Urologie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.2 Innenstadtkliniken

Die ausgewerteten Fachgebiete in der Innenstadt umfassen folgende Kliniken:

Klinik	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Augenklinik	2.413	0,00	0,00 %	0,08 %	0,00 % - 0,16 %
Chirurgische Klinik und Poliklinik	4.185	0,08	2,89 %	2,93 %	2,43 % - 3,44 %
Dr. von Haunersches Kinderspital	2.634	0,00	0,27 %	0,34 %	0,13 % - 0,55 %
Innerklinischer Transport mit Anästhesist	262	0,00	0,00 %	0,72 %	0,00 % - 1,45 %
Institut für klinische Radiologie	8	0,13	12,50 %	24,67 %	2,24 % - 47,09 %
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie	805	0,00	0,00 %	0,24 %	0,00 % - 0,47 %
Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie	710	0,00	0,00 %	0,27 %	0,00 % - 0,54 %
Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe	1.982	0,04	1,66 %	1,76 %	1,19 % - 2,33 %
Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde	911	0,00	0,11 %	0,32 %	0,02 % - 0,62 %
Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie	996	0,00	0,30 %	0,49 %	0,10 % - 0,88 %
Medizinische Klinik und Medizinische Poliklinik	443	0,00	0,00 %	0,43 %	0,00 % - 0,86 %
Urologische Klinik und Poliklinik	77	0,00	0,00 %	2,38 %	0,00 % - 4,75 %

Tabelle 14: Transfusionsaufkommen für das Jahr 2002 in den Innenstadtkliniken

Elektive Eingriffe, Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonzentraten pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit der Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = errechnete durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit

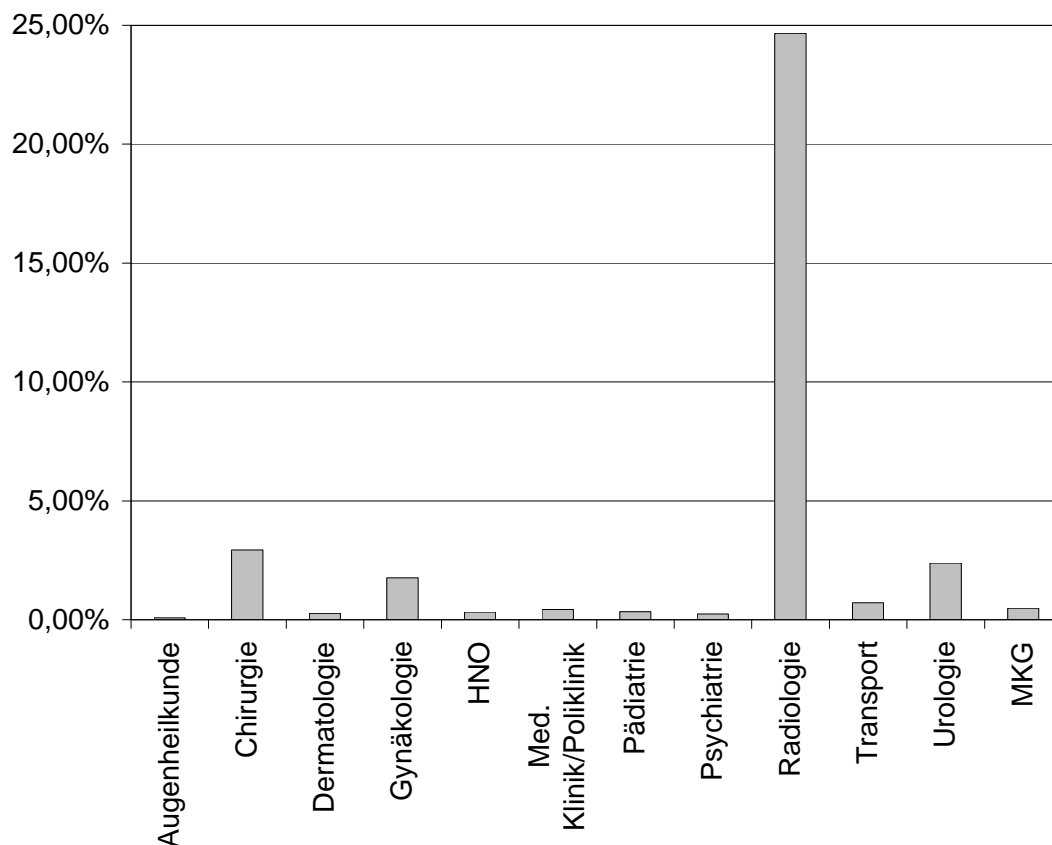


Abbildung 12: Durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit in den einzelnen Fachgebieten der Innenstadtkliniken

HNO = Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde; MKG = Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

Die scheinbare Dominanz der Radiologischen Klinik in Bezug auf die Transfusionshäufigkeit (Abbildung 12) kommt durch die niedrige Fallzahl zustande. Von den acht durchgeführten Eingriffen, bei denen ein Anästhesist anwesend war, wurde in nur einem Fall Blut transfundiert. Die Schätzung der Transfusionswahrscheinlichkeit ergibt aufgrund der Fallzahl 24,67 %. Von den übrigen Fachgebieten erforderte die Chirurgie am häufigsten Bluttransfusionen, gefolgt von der Urologie und der Gynäkologie. In den restlichen Kliniken wurde in weniger als 1,0 % der Fälle Blut transfundiert.

4.3.2.1 Augenklinik

In der Augenheilkunde wurden bei elektiven Eingriffen im Jahr 2002 keine Blutkonserven transfundiert. Die geschätzte durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit beträgt 0,08 % (Tabelle 14).

4.3.2.2 Chirurgische Klinik und Poliklinik

Für die Chirurgie wurden 23 Eingriffe ermittelt, die eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mindestens 10 % aufweisen. Zehn Eingriffe haben eine Transfusionswahrscheinlichkeit kleiner 10 %. Zusätzlich gab es 16 nicht aufgeführte Eingriffsarten, bei denen Blut transfundiert wurde, deren jeweilige Fallzahlen aber nur fünf Patienten oder weniger betragen.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Abdomen – Lavage	6	1,00	16,67 %	29,68 %	3,01 % - 56,35 %
Abszessspaltung	35	0,14	5,71 %	10,09 %	1,58 % - 18,61 %
Amputation (ohne nähere Angabe)	66	0,03	3,03 %	5,61 %	0,83 % - 10,39 %
Cholecystektomie (Laparotomie + laparoskop.)	85	0,08	3,53 %	5,54 %	1,21 % - 9,87 %
Embolektomie/Thrombektomie	21	0,24	19,05 %	23,83 %	7,67 % - 40,00 %
Gastrektomie	14	0,79	28,57 %	33,19 %	11,72 % - 54,65 %
Gefäßbypass mit LAP	13	0,69	30,77 %	35,16 %	12,68 % - 57,63 %
Gefäßbypass peripher	133	0,23	11,28 %	12,37 %	6,95 % - 17,78 %
Hemicolektomie	19	0,05	5,26 %	12,79 %	0,94 % - 24,64 %
Hüfte-DHS	32	0,13	6,25 %	10,94 %	1,73 % - 20,15 %
Hüfte-TEP Wechsel	16	0,44	12,50 %	19,76 %	3,50 % - 36,02 %
Hüfte-TEP Zement	32	0,34	12,50 %	16,52 %	4,97 % - 28,07 %
Hüfte-TEP zementlos	16	0,25	18,75 %	24,80 %	6,59 % - 43,01 %
Knieoperation (ohne nähere Angabe)	137	0,04	2,19 %	3,49 %	0,75 % - 6,24 %
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	51	0,35	11,76 %	14,44 %	5,50 % - 23,38 %
Leber-Teilresektion	9	3,78	44,44 %	46,11 %	18,88 % - 73,34 %
Milzoperation (ohne nähere Angabe)	8	0,50	12,50 %	24,67 %	2,24 % - 47,09 %
Oberarmeingriff (ohne nähere Angabe)	82	0,15	6,10 %	8,06 %	2,63 % - 13,49 %
Oberschenkeleingriff (ohne nähere Angabe)	93	0,05	4,30 %	6,11 %	1,69 % - 10,54 %
Operation eines abdominalen Aortenaneurysmas	27	0,15	7,41 %	12,71 %	2,06 % - 23,37 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Operation im Fußbereich (ohne nähere Angabe)	190	0,02	1,05 %	2,02 %	0,29 % - 3,76 %
Prostata-Tumor Chirurgie	11	0,27	18,18 %	26,42 %	5,14 % - 47,70 %
Rektumresektion	17	0,94	29,41 %	33,21 %	13,28 % - 53,13 %
Relaparotomie	20	0,35	20,00 %	24,83 %	8,07 % - 41,60 %
Röntgendiagnostik(CT, Somatom, Angio etc.)	55	0,04	3,64 %	6,66 %	1,00 % - 12,32 %
Schultereingriff (ohne nähere Angabe)	535	0,02	0,75 %	1,10 %	0,29 % - 1,91 %
Sigmaresektion	34	0,06	2,94 %	7,72 %	0,52 % - 14,92 %
Thorakotomie (ohne nähere Angabe)	15	0,33	13,33 %	20,81 %	3,74 % - 37,88 %
Tumornephrektomie	12	0,08	8,33 %	18,44 %	1,49 % - 35,39 %
Unterschenkeleingriff (ohne nähere Angabe)	241	0,05	2,90 %	3,64 %	1,41 % - 5,87 %
Wirbelersatz an der lumbalen Wirbelsäule	6	0,17	16,67 %	29,68 %	3,01 % - 56,35 %
Wirbelsäule-Verplattung	13	0,23	7,69 %	17,34 %	1,37 % - 33,31 %
Wundversorgung	24	0,25	4,17 %	10,49 %	0,74 % - 20,24 %

Tabelle 15: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Chirurgie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.2.3 Dr. von Haunersches Kinderspital

Bei Eingriffen in der Pädiatrie ergab sich für zwei Eingriffsarten eine Transfusionswahrscheinlichkeit kleiner 10 % und für vier Eingriffsarten eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mindestens 10 %. Eine Operationsart, bei der Transfusionen durchgeführt wurden, ist wegen der geringen Fallzahl nicht aufgeführt.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	Relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Hauteingriff am Abdomen	15	0,07	6,67 %	15,50 %	1,19 % - 29,82 %
Hauteingriff am Rücken	14	0,07	7,14 %	16,37 %	1,27 % - 31,47 %
Hauteingriff am Thorax	27	0,04	3,70 %	9,47 %	0,66 % - 18,28 %
Hauteingriff an den Extremitäten	18	0,06	5,56 %	13,37 %	0,99 % - 25,76 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	Relative Häufigkeit	p_{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	37	0,03	2,70 %	7,15 %	0,48 % - 13,82 %
Magenoperation (ohne nähere Angabe)	10	0,10	10,00 %	21,10 %	1,79 % - 40,42 %

Tabelle 16: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Pädiatrie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.2.4 Institut für klinische Radiologie

In der Radiologie wurde nur bei einer Eingriffsart Blut transfundiert. Die Fallzahl war aber kleiner als fünf. Die durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit berechnet sich zu 24,67 % (Tabelle 14). Zu berücksichtigen ist die niedrige Gesamtfallzahl von acht Patienten.

4.3.2.5 Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie

Bei elektiven Eingriffen in der Psychiatrie wurden im Jahr 2002 keine Bluttransfusionen durchgeführt. Die geschätzte durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit errechnet sich zu 0,24 % (Tabelle 14).

4.3.2.6 Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Allergologie

In der Dermatologie wurden im Jahr 2002 keine Eingriffe mit Anästhesie-Begleitung beobachtet, bei denen Bluttransfusionen durchgeführt wurden. Die geschätzte durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit errechnet sich zu 0,27 % (Tabelle 14).

4.3.2.7 Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe

Im Bereich der Gynäkologie fanden sich 11 Eingriffsarten, bei denen Transfusionen auftraten. Vier davon weisen eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mindestens 10 % und sieben eine Transfusionswahrscheinlichkeit kleiner 10 % auf. Zwei Eingriffsarten sind aufgrund einer Fallzahl von fünf oder weniger nicht aufgeführt.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Explorative Laparotomie	16	0,13	6,25 %	14,72 %	1,11 % - 28,33 %
Explorative Laparotomie bei Ovarial-Carcinom	24	0,50	16,67 %	21,27 %	6,68 % - 35,85 %
Laparoskopie (Eingriff ohne nähere Angabe)	62	0,03	1,61 %	4,44 %	0,29 % - 8,59 %
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	89	0,20	7,87 %	9,61 %	3,86 % - 15,36 %
Mamma-Ablatio + LK	41	0,02	2,44 %	6,51 %	0,43 % - 12,60 %
Relaparotomie	10	0,30	20,00 %	28,33 %	5,67 % - 50,98 %
Sectio caesarea	177	0,01	0,56 %	1,62 %	0,10 % - 3,13 %
Uterus-Exstirpation per LAP (+LK)	60	0,07	1,67 %	4,58 %	0,29 % - 8,86 %
Vagina - Inkontinenz-Operation	46	0,17	2,17 %	5,86 %	0,38 % - 11,34 %
Vulvektomie (+LK)	52	0,08	3,85 %	7,02 %	1,06 % - 12,98 %
Wertheim-Operation (+LK)	50	0,30	18,00 %	20,28 %	9,77 % - 30,80 %

Tabelle 17: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Gynäkologie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit; LK = Lymphknotendissektion

4.3.2.8 Klinik und Poliklinik für Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde

Im Bereich der Hals-, Nasen- und Ohrenheilkunde ergab sich nur eine Eingriffsart, bei der Bluttransfusionen durchgeführt wurden. Die Transfusionswahrscheinlichkeit für diese Operation errechnet sich zu 2,36 %.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Kehlkopf-Stütze/Probenentnahme	120	0,01	0,83 %	2,36 %	0,15 % - 4,57 %

Tabelle 18: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der HNO in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.2.9 Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie

In der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie ließen sich zwei Eingriffsarten identifizieren, die mit Bluttransfusionen einhergehen. Für eine Eingriffsart beträgt die Transfusionswahrscheinlichkeit mindestens 10 %, für die andere liegt die Transfusionswahrscheinlichkeit unter 10 %. Eine dritte Eingriffsart ist wegen der geringen Fallzahl nicht aufgeführt.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	relative Häufigkeit	p_{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Mund-Boden suprahyoidale Tumor-chirurgie	22	0,09	4,55 %	11,30 %	0,81 % - 21,80 %
Unterkiefer Tumor Chirurgie	48	0,02	2,08 %	5,63 %	0,37 % - 10,90 %

Tabelle 19: Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002

Mittel EK = durchschnittlicher Verbrauch an Erythrozytenkonserven pro Eingriff, relative Häufigkeit = relative Häufigkeit einer Erythrozytentransfusion, p_{Transf} = berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit

4.3.2.10 Medizinische Klinik und Medizinische Poliklinik

In der Medizinischen Klinik fanden bei Anästhesie-Einsätzen keine Bluttransfusionen statt. Die geschätzte durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit berechnet sich zu 0,43 % (Tabelle 14).

4.3.2.11 Transport mit Anästhesiebegleitung

Bei anästhesiebegleiteten Transporten innerhalb des Klinikums wurden keine Blutkonserven transfundiert. Die geschätzte durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit berechnet sich zu 0,72 % (Tabelle 14).

4.3.2.12 Urologische Klinik und Poliklinik

In der Urologie wurden bei elektiven Eingriffen ebenfalls keine Bluttransfusionen durchgeführt. Die geschätzte durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit ergibt sich zu 2,38 % (Tabelle 14).

4.4 Eingriffe mit Aufklärungspflicht über eine Bluttransfusion

Es zeigte sich, dass in den einzelnen Fachgebieten vor allem bei den großen Eingriffen eine Transfusionswahrscheinlichkeit bestand, die eine generelle Aufklärungspflicht in Bezug auf eine Fremdbluttransfusion und mögliche Alternativen bedingt.

Eingriffe mit einem Transfusionsrisiko von mehr als 10 % betreffen in der Viszeralchirurgie vor allem Operationen am Magen-Darm-Trakt (z.B. Oesophaguseingriffe, Magenhochzug, Gastrektomie, Dünn- oder Dickdarmresektionen, Whipple-Operation), explorative Laparotomien, Lebereingriffe, Milzoperationen sowie Organtransplantationen.

Gefäßchirurgische Eingriffe an den abdominellen Gefäßen (z.B. Aortenaneurysma) oder am Herzen sind ebenfalls mit einer Transfusionswahrscheinlichkeit > 10% behaftet. Die häufigen Eingriffe der Herzchirurgie sind allesamt durch eine aufklärungsbedürftige Transfusionswahrscheinlichkeit gekennzeichnet.

In der Unfallchirurgie und Orthopädie zeigten vor allem Operationen an der Hüfte (z.B. zementlose oder zementierte TEP, TEP-Wechsel, DHS) und an der Wirbelsäule Transfusionswahrscheinlichkeiten > 10 %. Gleiches gilt für Thoraxoperationen wie z.B. Lungensegmentresektion, Lobektomie, Pneumonektomie und Rippenresektionen.

In der Neurochirurgie weisen große Schädeloperationen und Wirbelsäuleneingriffe eine entsprechende Transfusionswahrscheinlichkeit auf. Die großen Operationen der Gynäkologie (z.B. Wertheim-Meigs-Operation) und der Urologie (z.B. Nephrektomie, Blasenentfernung) sind ebenfalls mit Transfusionswahrscheinlichkeiten > 10 % behaftet.

5 Diskussion

In einem großen Krankenhaus der Maximalversorgungsstufe wurden anhand der dokumentierten perioperativen Transfusionsdaten die Wahrscheinlichkeiten für die Gabe von Fremdblut berechnet. Wie sich zeigte, lassen sich für viele Eingriffe genaue Berechnungen der Transfusionswahrscheinlichkeit vornehmen. Für manche Eingriffe in den einzelnen Fachgebieten ist die Fallzahl jedoch zu gering, um sinnvolle Angaben zur Transfusionswahrscheinlichkeit zu machen. Der Verbrauch von Fremdblut hat in den vergangenen Jahren abgenommen. Seit 2000 befindet sich die Anwendung der homologen Bluttransfusion auf einem stabilen Niveau.

Die durchschnittliche Inzidenz der Fremdbluttransfusion war in Großhadern auch unter Nichtberücksichtigung der Herzchirurgie höher als in den Innenstadtkliniken. Gleichwohl muss bedacht werden, dass die einzelnen Fachgebiete nicht zu gleichen Teilen an den beiden Standorten vertreten waren. Außerdem war in Großhadern der Durchschnitt der ASA-Klassifikation höher. Somit muss angenommen werden, dass dort eher fortgeschrittene Erkrankungen behandelt wurden.

5.1 Verlauf des Aufkommens perioperativer Transfusionen

Betrachtet man den Verlauf der perioperativen Transfusionen am Universitätsklinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München, so fällt auf, dass der Verbrauch von Fremdblut stark gesunken ist (Abbildung 5). Diese Entwicklung hat ihren Ursprung wohl in der Consensus Conference der *National Institutes of Health* im Jahre 1988. Damals wurde die Gültigkeit der 10/30-Regel (siehe 5.5.1) zur Bluttransfusion außer Kraft gesetzt und die Indikation zur Bluttransfusion wesentlich zurückhaltender gestellt. Seitdem wurden große Anstrengungen unternommen, um eine Transfusionsschwelle zu definieren ^[2,8,17,19,24,49,53,54,58,83,108].

Den größten Einbruch im Blutverbrauch verzeichnete man von 1999 auf 2000. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich in einer Studie von Hébert et. al. von 1999 ^[53], in der eine liberale mit einer zurückhaltenden Transfusionsstrategie bei kritisch erkrankten Intensivpatienten verglichen wurde. Das erstaunliche Ergebnis war, dass die Patientengruppe mit dem zurückhal-

tenden Transfusionsregime ein mindestens ebenso gutes, wenn nicht besseres *outcome* hatte, als die Vergleichsgruppe.

Die Anwendung autologer Verfahren hat sich hingegen unterschiedlich entwickelt (Abbildung 6). So ist die Anwendung der maschinellen Autotransfusion durch ausgereifte Systeme gestiegen, während die Eigenblutspende immer mehr in den Hintergrund rückt (siehe auch 5.6.3). Die Anwendung der akuten normovolämen Hämodilution bleibt im Schnitt konstant, hier ist aber noch Entwicklungspotential gegeben (siehe 5.6.5).

5.2 Vergleich der beiden Standorte Großhadern und Innenstadt

Unterschiede zwischen den beiden Standorten bestanden zum einen in den vorhandenen Fachgebieten und zum anderen in den verschiedenen Patientenpopulationen. Da die Anästhesiologische Klinik beide Standorte mit demselben Ärztetamm versorgt hat, sollte das Transfusionsverhalten (Transfusionstrigger) nicht differieren. Die Unterschiede im Fremdblutverbrauch (siehe 4.2) müssen also andere Ursachen haben. Großhadern besitzt zum Beispiel mit der Klinik für Herzchirurgie eine Klinik mit großem Fremdblutverbrauch, die in der Innenstadt nicht vertreten ist. Des Weiteren deuten die ASA-Klassifizierung und die Altersverteilung an, dass in Großhadern Patienten mit weiter fortgeschrittenen Erkrankungen behandelt wurden. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Transfusionsinzidenzen in Fachgebieten, die an beiden Standorten vertreten waren, erklären.

5.3 Transfusionswahrscheinlichkeiten in den einzelnen Fachgebieten

Vom Gesetzgeber wird vorgeschrieben, dass bei Eingriffen über eine mögliche Transfusion von Fremdblut (EK, FFP, TK) aufgeklärt werden muss, wenn die Wahrscheinlichkeit dafür größer als 10 % ist ^[12,13,31,116]. In diesem Fall muss der Patient auch über fremdblutsparende Maßnahmen wie zum Beispiel die Möglichkeit der Eigenblutspende aufgeklärt werden. Wünscht der Patient eine Eigenblutspende, so sollte ihm diese ermöglicht werden. Der breiten Anwendung der Eigenblutspende steht der wirtschaftliche Nachteil bei Fortbestehen von vielen der häufigen Risiken entgegen (siehe 5.6.3).

Da keine Eingriffe definiert sind, für die eine transfusionsbezogene Aufklärung vorgeschrieben ist, sondern nur eine Grenze für die Wahrscheinlichkeit einer Fremdbluttransfusion existiert,

tiert, muss jede Einrichtung diese Wahrscheinlichkeit für die von ihr durchgeführten Eingriffe selbst ermitteln ^[13]. Auf den ersten Blick scheint es einfach zu sein, diese Wahrscheinlichkeit festzulegen. Es ist jedoch in der Praxis insbesondere für Operationen mit kleinen Fallzahlen schwierig. Aus den Datenbanken können lediglich relative Häufigkeiten abgeleitet werden. Die relativen Häufigkeiten dürfen aber nicht den Transfusionswahrscheinlichkeiten gleichgesetzt werden, da die durchgeführten Operationen gewissermaßen immer nur einer Stichprobe aus einer Grundgesamtheit entsprechen. Erst bei hohen Fallzahlen gleichen sich diese relativen Häufigkeiten den Wahrscheinlichkeiten für eine Bluttransfusion an.

Eingriffsarten mit geringen Fallzahlen wurden aus diesem Grund unter 4.3 nicht aufgeführt. Dasselbe gilt für Eingriffsarten, bei denen kein Blut transfundiert wurde. Daraus folgt, dass unter Umständen auch Eingriffe nicht aufgeführt sind, die ein hohes Transfusionsrisiko aufweisen (der Begriff „Transfusionsrisiko“ wird in dieser Arbeit synonym zur Transfusionswahrscheinlichkeit gebraucht, er drückt also das Risiko aus, eine Transfusion zu erhalten), was durch die niedrige Fallzahl aber nicht in Erscheinung tritt. Für niedrige Fallzahlen wiederum ist aber die berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit prinzipiell hoch und somit nicht verwertbar, so dass aus diesem Grund die vorher genannten Eingriffe nicht aufgeführt sind.

Der Blutverbrauch ist stark abhängig von der Art der durchgeführten Eingriffe. Naturgemäß gibt es viele Eingriffe, die ohne Bluttransfusionen durchgeführt werden können. So sind zum Beispiel Operationen aus dem Gebiet der Dermatologie und der Ophthalmologie praktisch nie mit Bluttransfusionen verbunden. Andere Eingriffe, die zum Beispiel in der Herzchirurgie zu finden sind, bedingen in mehr als der Hälfte der Fälle eine Transfusion. In der Allgemeinchirurgie gibt es sowohl Eingriffe, die selten, als auch welche, die häufig eine Transfusion erfordern. Neben der Art der durchgeführten Operationen hat aber auch das Patientenkollektiv einen maßgeblichen Einfluss auf die Transfusionshäufigkeit. Dadurch erklären sich die teilweise stark voneinander abweichenden Transfusionswahrscheinlichkeiten an verschiedenen Kliniken der gleichen Fachdisziplin.

5.4 Blutprodukte

Der Begriff Blutprodukte umfasst alle Produkte, die sich aus Vollblut herstellen lassen. Im Einzelnen sind dies Konzentrate der verwertbaren zellulären Bestandteile (Erythrozyten,

Thrombozyten und Granulozyten), Plasma und darin gelöste Stoffe wie Gerinnungsfaktoren und Albumin.

5.4.1 Blutspender

Da es nicht möglich ist, die nötigen Blutbestandteile zu synthetisieren, ist man zur Gewinnung von Blutprodukten auf Spender angewiesen. Dabei ist ausdrücklich festgelegt, dass die Blutspende freiwillig und unentgeltlich erfolgen muss^[31]. Lediglich eine Aufwandsentschädigung darf in Abhängigkeit von der Spendeart gewährt werden.

Da die Blutspende selbst einen Eingriff darstellt, der mit Risiken verbunden ist, muss der Spender über diese Risiken aufgeklärt werden.

5.4.1.1 Tauglichkeit

Um als Blutspender zugelassen zu werden, müssen einige Kriterien eingehalten werden^[13]:

- Hämoglobinkonzentration bzw. Hämatokrit, Frauen Hb ≥ 125 g/l (7,75 mmol/l) bzw. Hkt $\geq 0,38$, Männer Hb ≥ 135 g/l (8,37 mmol/l) bzw. Hkt $\geq 0,40$
- Alter: 18-68 Jahre, älter nach individueller ärztlicher Entscheidung möglich
- Körpergewicht mind. 50 kg
- Blutdruck systolisch 100-180 mmHg, diastolisch unter 100 mmHg
- Herzfrequenz unauffällig (50-110/min)
- Körpertemperatur: kein Fieber
- Gesamteindruck: keine erkennbaren Krankheitszeichen

5.4.1.2 Ausschluss von der Blutspende

Dauerhaft von der Spende ausgeschlossen sind Personen mit folgenden Merkmalen^[13]:

- Schwere neurologische, kardiologische oder vaskuläre Krankheit
- Chronische Erkrankungen, die eine Gefährdung des Spenders oder Empfängers bedingen
- Bösartige Neoplasien in der Anamnese
- Infektionskrankheiten: HIV, HBV (außer mehr als 5 Jahre vergangen und keine HBV-DNA nachweisbar), HCV, HTLV, Babesiose, Trypanosomiasis, Leishmaniose, Syphilis, chronisch persistierende bakterielle Infektionen

- Personen mit Risiko für Übertragung spongiformer Enzephalopathien
- Empfänger von Xeno-Transplantaten
- Personen mit Drogen- oder Medikamentenmissbrauch (auch Alkoholranke)
- Personen mit riskantem Sexualverhalten bzgl. der Infektion mit HBV, HCV und HIV:
 - Sexuelles Risikoverhalten, z.B. Promiskuität
 - Männer, die Sexualverkehr mit Männern haben (MSM)
 - Männliche und weibliche Prostituierte

Insbesondere der Ausschluss homosexueller Männer wird von einigen Personen als Diskriminierung gewertet, weshalb der Arbeitskreis „Richtlinien Hämotherapie“ dieses Kriterium regelmäßig neu bewertet ^[13].

Zeitlich begrenzter Ausschluss ^[13]:

- Nach bestimmten Infektionskrankheiten wie z.B. Malaria, Q-Fieber, Toxoplasmose, rheumatisches Fieber, Hepatitis A, fieberhafte Erkrankungen
- Nach Exposition mit erhöhtem Infektionsrisiko (z.B. Empfang von Blutkomponenten, Tätowierung, Haftaufenthalt etc.)
- Nach Impfungen

5.4.2 Erythrozytenkonzentrate (EK)

Erythrozytenkonzentrate sind das wohl am häufigsten eingesetzte Blutprodukt. Sie ersetzen ein Defizit an roten Blutkörperchen und stellen somit die Sauerstoffversorgung des Körpers sicher.

5.4.2.1 Herstellung/Lagerung

Erythrozytenkonzentrate werden aus Vollblut gewonnen. Nach Blutentnahme werden 450-500 ml Blut mit 63-70 ml einer Stabilisatorlösung versetzt. Als Stabilisator finden meist CPD (Citrat, Phosphat, Dextrose) und CPD mit Adenin (CPDA-1) Verwendung. Die Erythrozyten werden durch Zentrifugation von den anderen zellulären Bestandteilen und dem Plasma getrennt. Diese Konzentrate werden als „*buffy coat*“ (Leukozyten + Thrombozyten) freie Erythrozytenkonzentrate bezeichnet. ^[12,13]

Eine weitere Möglichkeit der Konzentration von Erythrozyten besteht in der Methode der Apherese. Dadurch ist es möglich, einzelne Komponenten zu trennen und somit alle Bestandteile zu nutzen oder die nicht benötigten Anteile dem Spender wieder zukommen zu lassen. Die Stabilisatorlösung wird bei der Apherese kontinuierlich zugeführt.

Um eine bessere immunologische Verträglichkeit zu erreichen, werden Erythrozytenkonzentrate heutzutage leukozytendepletiert. Darunter versteht man die Filtrierung des Konzentrats, wodurch die Leukozytenzahl stark reduziert wird. Auf diese Weise vermindert man die Gefahr der Übertragung zellständiger Krankheitserreger, die vorwiegend in den Leukozyten zu finden sind. Des Weiteren wird die Möglichkeit der Immunisierung gegen HLA-Antigene vermindert.

Die Qualität des Konzentrats kann durch Waschen nochmals verbessert werden. Leukozytendepletierte Erythrozytenkonzentrate werden mit isotonischer Lösung mehrmals gewaschen und anschließend resuspendiert. Diese Konzentrate müssen unverzüglich transfundiert werden.

Erythrozytenkonzentrate sind bei $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ je nach Stabilisatorlösung maximal 49 Tage haltbar, im Normalfall jedoch ca. 28 Tage. Diese Zeitspanne kann durch eine Kryokonservierung bei -80°C und Zusatz von Glycerin auf 10 bis max. 30 Jahre gesteigert werden. Aufgrund der hohen Kosten werden auf diese Weise allerdings nur ausgewählte Konserven seltener Blutgruppen für Notfälle in internationalen Blutbanken vorgehalten. Nach dem Auftauen werden die Erythrozytenkonserven gewaschen, resuspendiert und unverzüglich transfundiert.

Bei immuninkompetenten Patienten kann eine Bestrahlung der Konzentrate notwendig werden, da auch die wenigen noch verbliebenen Leukozyten zu einer Graft-versus-Host-Reaktion führen können. Die hierfür nötige Strahlendosis beträgt 30 Gray. Durch die Bestrahlung wird allerdings der Lagerungsschaden des Konzentrats verstärkt.

Im Lauf der Zeit nimmt die Qualität der Erythrozyten stetig ab, was sich vor allem darin zeigt, dass diese durch den Empfänger schneller abgebaut werden. Wenn die Erythrozytenkonzentrate von der Blutbank ausgeliefert werden, muss sicher gestellt sein, dass die Kühlkette

nicht unterbrochen wird, d.h. die Temperatur der Konzentrate muss zu jedem Zeitpunkt zwischen 1°C und 10°C liegen.

5.4.2.2 Indikationen

Da keine allgemein anerkannten Grenzwerte für die Hämoglobinkonzentration oder den Hämatokrit existieren, bei denen die Indikation zur Transfusion von Erythrozytenkonzentraten zu stellen ist, fällt die Entscheidung im Grenzbereich oft schwer. Außer den Laborwerten müssen Dauer, Schwere und Ursache der Anämie und der klinische Zustand des Patienten mit in die Indikationsstellung einbezogen werden (Transfusionstrigger siehe 5.5).^[12]

Bei akutem Blutverlust besteht die erste Maßnahme in der Aufrechterhaltung der Normovolämie. Durch den Abfall des zirkulierenden Volumens wird der Organismus weit mehr beeinträchtigt als durch den Verlust von Sauerstoffträgern. Für die Gabe von Erythrozytenkonzentraten kann keine allgemein gültige Schwelle des Hämoglobingehalts im Blut definiert werden. So basieren die Entscheidungen für oder gegen eine Transfusion auf der Hämoglobinkonzentration im Blut unter Berücksichtigung des Allgemeinzustandes des Patienten. Die Empfehlungen der gültigen Richtlinien beruhen vorwiegend auf klinischen Erfahrungen und nur zu einem geringen Teil auf prospektiven Studien.

Liegen Beeinträchtigungen insbesondere des kardiovaskulären Systems vor, so wird eine liberalere Transfusionsstrategie gewählt, als bei kardiovaskulär gesunden Patienten. Im Allgemeinen tolerieren Patienten mit chronischen Anämien den Mangel an roten Blutkörperchen besser als Patienten mit akutem Blutverlust. Deswegen kann in diesen Fällen meist ein niedrigerer Hämoglobingehalt des Blutes geduldet werden.

Die Bestrahlung von leukozytendepletierten Erythrozytenkonzentraten wird notwendig, wenn der Empfänger durch Immunsuppression gefährdet ist, eine Graft-versus-Host-Reaktion zu entwickeln. In seltenen Fällen kann diese auch bei immunkompetenten Patienten mittels HLA-kompatiblen Erythrozyten hervorgerufen werden.

5.4.3 Gefrorenes Frischplasma (GFP, *fresh frozen plasma* FFP)

Gefrorenes Frischplasma wird in der Transfusionsmedizin eingesetzt, um den Verlust von im Plasma gelösten Stoffen zu ersetzen.

5.4.3.1 Herstellung/Lagerung

Nach Entfernung der zellulären Bestandteile aus dem Blut erhält man das Blutplasma. Es beinhaltet alle im Blut gelösten Stoffe, insbesondere auch die Gerinnungsfaktoren. ^[12,13]

Zur Herstellung von GFP dienen Einzelspenden oder es wird das Plasma aus mehreren hundert Einzelspenden zu einem Pool zusammengefügt. Das Plasma kann sowohl aus einer Vollblutspende hergestellt werden oder mittels Apherese, wodurch die Abnahme von drei Einheiten möglich wird. Die Transferbeutel haben einen Inhalt von 200-250 ml Plasma.

Innerhalb von 6-8 Stunden, spätestens jedoch nach 24 Stunden werden die Beutel schockgefroren und bei einer Temperatur $< -30\text{ °C}$ gelagert. Zur Transfusion wird das Plasma erst nach vier Monaten freigegeben, nachdem der Spender auf Infektionsmarker untersucht wurde (Quarantäne).

Poolplasma wird nach der Frist vor dem Abfüllen einer Virusinaktivierung unterzogen (Solvent-Detergent-Verfahren). Dadurch vermindert sich die Gefahr der Übertragung von Viren, die eine Hülle besitzen (z.B. Hepatitis-B, -C und HI-Viren). Außerdem ist das Plasma besser verträglich, da es frei von Blutzellen und Zellfragmenten ist.

Die Lagerung von Plasmakonserven muss bei wesentlich niedrigerer Temperatur stattfinden, als sie zum Beispiel für Erythrozyten notwendig ist. Um die physiologischen Eigenschaften zu gewährleisten, gilt für Plasma eine Lagertemperatur von -40 bis -30 °C . Diese Temperatur muss auch während des Transportes gesichert sein.

Plasma kann auch lyophilisiert (gefriergetrocknet) bei $+2$ bis $+25\text{ °C}$ gelagert werden. Diese Konserven werden LHP genannt.

5.4.3.2 Indikationen

Im Laufe der Zeit ergaben sich immer mehr Indikationen für die Gabe von FFP. Diese Indikationen basieren aber auf Erfahrung und Expertenmeinung. Bis jetzt fehlen Studien, die die Wirksamkeit belegen. Zur reinen Volumensubstitution sollte FFP nicht verwendet werden, da es den künstlichen Plasmaersatzmitteln hinsichtlich dieser Wirkung nicht überlegen, dagegen aber wesentlich teurer und mit mehr unerwünschten Wirkungen behaftet ist. ^[12]

Die größte Anwendung findet Plasma in der Notfallmedizin und perioperativ bei Massivtransfusionen. Von Massivtransfusion spricht man, wenn ein Patient innerhalb von 24 Stunden mehr als die Hälfte seines Blutvolumens verliert und dadurch transfusionspflichtig wird. Würde das verlorene Volumen nur durch Erythrozytenkonzentrate und Plasmaersatzmittel ausgeglichen, liefe der Patient Gefahr, eine Verlustkoagulopathie zu entwickeln, weil ihm mit dem Plasma auch Gerinnungsfaktoren verloren gehen.

In Notfällen besteht die Indikation zur Plasmatransfusion bei klinisch manifester Blutungsneigung oder Blutungen aufgrund eines Lebersynthesedefizits.

In der Intensivmedizin wird FFP auch zur Therapie der disseminierten intravasalen Gerinnung (DIC) eingesetzt. Man geht davon aus, dass die Anhebung der Gerinnungsfaktoren zusammen mit der Gabe von Antithrombin therapeutischen Nutzen hat. Grundpfeiler der Therapie ist hier aber sicherlich die Behandlung der zugrunde liegenden Erkrankung.

Seltene Indikationen bestehen in der Substitution von Faktor V und Faktor XI der Blutgerinnung, da diese Faktoren nicht als Einzelpräparate erhältlich sind. Weiter werden FFP zum Plasmaaustausch bei Thrombotisch-thrombozytopenischer Purpura und beim Guillain-Barré-Syndrom angewendet. Ebenso werden FFP bei Austauschtransfusionen (das gesamte Blutvolumen wird ersetzt) ähnlich wie bei Massivtransfusionen eingesetzt.

5.4.4 Thrombozytenkonzentrate (TK)

Durch Thrombozytenkonzentrate können Thrombozytopenien beherrscht werden, die sonst lebensgefährliche Blutungen verursachen würden.

5.4.4.1 Herstellung/Lagerung

Nachdem aus dem Vollblut die Erythrozyten und das Plasma entfernt wurden, bleibt das *buffy coat* übrig. Aus diesem werden durch Zentrifugation die Thrombozyten separiert. Nach Re-suspension mit autologem Plasma oder Additivlösung ist das Thrombozytenkonzentrat fertig. Normalerweise werden 4-6 *buffy coats* oder fertige TK zu einem Pool zusammengeführt, um eine Standarddosis für Erwachsene zu erreichen. Die Entnahme der Thrombozyten ist auch mittels Apherese möglich. ^[12,13]

Genauso wie Erythrozytenkonzentrate können auch Thrombozytenkonzentrate leukozyten-depletiert und bestrahlt werden, um eine bessere immunologische Verträglichkeit zu erreichen.

Die Lagerungszeit von Thrombozytenkonzentraten muss möglichst kurz gehalten werden, maximal beträgt sie 4 Tage (4 x 24 Stunden gerechnet ab 24:00 Uhr des Entnahmetages). Während dieser Zeit müssen die Transfusionsbeutel bei $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ unter ständiger Bewegung gelagert werden.

5.4.4.2 Indikationen

Die Gabe von Thrombozytenkonzentraten ist indiziert, wenn ein symptomatischer Mangel an Thrombozyten besteht oder deren Funktion gestört ist. Bei thrombozytopenischen Blutungen besteht die Indikation zur Thrombozytentransfusion bei einer Thrombozytenkonzentration kleiner 50/nl. Bei asymptomatischen Thrombozytopenien liegt die Grenze bei 10/nl bzw. bei 20/nl wenn Risikofaktoren wie zum Beispiel Fieber vorliegen. Sind operative Eingriffe geplant, werden höhere Konzentrationen bis 80/nl gefordert. ^[12]

Thrombozytenfunktionsstörungen können nicht anhand der Thrombozytenkonzentration überwacht werden. Deswegen ist man im Einzelfall auf die Interpretation der klinischen Parameter angewiesen. Neben angeborenen Thrombozytopathien kann die Thrombozytenfunktion auch durch exogene Stoffe (z.B. Acetylsalicylsäure, Antibiotika, Thrombolytika, Antidepressiva oder Lipidsenker) eingeschränkt werden. Wenn möglich sollten Thrombozytentransfusionen jedoch vermieden werden, da die Gefahr der Bildung von thrombozytenspezifischen Antikörpern besteht.

5.4.5 Sonstige Blutprodukte

Neben den vorher genannten Blutprodukten gibt es noch eine Reihe anderer verwertbarer Bestandteile des Blutes. Der einzige weitere zelluläre Bestandteil sind die Granulozyten. Die Konzentrate werden durch Apherese gewonnen und in autologem Plasma resuspendiert. Vor der Anwendung müssen die Konzentrate mit 30 Gy bestrahlt werden. Da Granulozytenkonzentrate nur sehr begrenzt haltbar sind (24 Stunden), müssen sie unverzüglich transfundiert werden. Die Lagertemperatur zwischen Entnahme und Transfusion beträgt 20-24°C. Die Indikation zur Substitution von Granulozyten besteht bei progredienten Infekten, die mit einer ausgeprägten Neutropenie einhergehen. ^[12,13]

Aus dem Blutplasma werden die restlichen Blutprodukte extrahiert. Zur Substitution einzelner Gerinnungsfaktoren werden Präparate hergestellt, die nur den gewünschten Gerinnungsfaktor in hoher Konzentration enthalten. Auf diese Weise ist eine gezielte Therapie möglich. Es stehen Präparate für Faktor I (Fibrinogen), VII, VIII, IX und XIII zur Verfügung. Die Faktoren des Prothrombinkomplexes (II, VII, IX, X) sind als Kombinationspräparat erhältlich (PPSB).

Humanalbumin wird ebenfalls aus Blutplasma gewonnen, mittels alkoholischer Fällung angereichert und bei 60°C pasteurisiert, um eine weitgehende Virusinaktivierung zu erreichen. Albumin ist eine kolloidale Lösung, die zum Volumenersatz eingesetzt werden kann. Heutzutage werden für Erwachsene aufgrund der besseren Verträglichkeit fast ausschließlich künstliche Kolloide eingesetzt. Bei Hypoalbuminämie kann durch die Gabe von Humanalbumin die Neigung zur Ödembildung verringert werden.

Als weitere Bestandteile des Blutes können Immunglobuline eingesetzt werden. Sie werden aus Poolplasma von selektierten Spendern hergestellt. Es stehen sowohl spezifische Antikörper (Anti-D-, CMV-, RSV-, FSME-, HAV-, HBV-, Rabies-, Tetanus- und VZV-Antikörper) als auch unspezifische Antikörper der einzelnen Klassen (IgG, IgA, IgM, IgD) zur Verfügung.

5.5 Transfusionstrigger

Um zu wissen, wann man Erythrozytenkonzentrate verabreichen muss, ist es nötig, Kriterien für die Transfusionsbedürftigkeit zu erstellen. Als Parameter für die Fähigkeit des Blutes, Sauerstoff zu transportieren, gilt der Anteil der Erythrozyten am Blutvolumen (Hämatokrit)

bzw. die Konzentration des Hämoglobins im Blut. Sind die roten Blutkörperchen normochrom, so kann man die Hämoglobinkonzentration als ein Drittel des Hämatokrits in g/dl abschätzen. Unabhängig davon, ob die Hämoglobinkonzentration ein ausreichendes Maß für den möglichen Sauerstofftransport im Blut darstellt, ergibt sich die Frage nach einer Schwelle, bei deren Unterschreiten die Zufuhr von Erythrozyten notwendig wird. In den letzten Jahren wurde diese Schwelle immer weiter nach unten korrigiert.

Es hat sich aber auch gezeigt, dass sowohl Hämoglobinkonzentration als auch Hämatokrit nur eine ungenaue Schätzung des im Kreislauf vorhandenen Hämoglobins ermöglichen. Der Hämatokrit ist nämlich nicht in allen Abschnitten des Kreislaufs gleich. So ist der üblicherweise gemessene Hämatokrit (Großgefäßhämatokrit) deutlich größer als der Hämatokrit im gesamten Blutvolumen (Gesamtkörperhämatokrit) ^[92]. Dies wird durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten von Plasma und Erythrozyten in den verschiedenen Gefäßabschnitten verursacht (Fahraeus-Lindqvist-Effekt). Da das Verhältnis von Gesamtkörperhämatokrit und Großgefäßhämatokrit aber nicht nur interindividuell, sondern auch intraindividuell schwankt, ist der Hämatokrit nur ein ungenaues Maß für das Gesamtvolumen der Erythrozyten.

5.5.1 Die 10/30-Regel

Bis vor einigen Jahren war der Gebrauch der so genannten 10/30-Regel üblich, wenn es darum ging, die Indikation zur Transfusion von Erythrozytenkonzentraten zu stellen. Die beiden Zahlen nehmen Bezug auf die Hämoglobinkonzentration bzw. den Hämatokrit als Transfusionschwelle. Unter einer Hämoglobinkonzentration von 10 g/dl bzw. einem Hämatokrit von 30 % war die Indikation zur Transfusion gegeben. Dieses Verhalten geht auf Adams und Lundy zurück, die 1942 als erste eine Transfusionsempfehlung aufgrund von Laborparametern gaben ^[1]. Ihre Empfehlungen basierten aber lediglich auf klinischen Erfahrungen und waren wissenschaftlich nicht untersucht.

Zu dieser Zeit war außerdem die Bestimmung des Hämoglobins im Blut mit großen Fehlern behaftet. Mann et al. zeigten 1959 den Einfluss der ungenauen Hb-Bestimmung auf das Transfusionsverhalten. Durch die Inbetriebnahme eines neuen Hb-Messgerätes sank die Anzahl der transfundierten Konserven an einer Klinik um 38 % ^[80].

Bis Ende der 1980er Jahre war die 10/30-Regel allgemein anerkannt und wurde in fast jedem Lehrbuch empfohlen. Erst nach der Entdeckung des HI-Virus wurde man sich der Gefahren bewusst, die durch eine zu liberale Transfusionsstrategie in Kauf genommen werden.

1981 hielten einer Umfrage zufolge 65 % der Anästhesisten der American Society of Anesthesiologists eine Hämoglobinkonzentration von mindestens 10g/dl notwendig, damit ein Patient elektiv operiert werden konnte. Im Jahre 2002 waren dies noch 9 % ^[91].

5.5.2 Consensus Conference, National Institutes of Health (NIH)

Die Ablösung der 10/30-Regel geschah hauptsächlich während einer Consensus Conference im Jahre 1988 ^[22]. Dort wurde die Transfusion von Erythrozyten besprochen. Unter anderem wurde die Frage diskutiert, wann eine solche Transfusion überhaupt indiziert sei. Es wurde festgestellt, dass es keine Hinweise für eine Schwelle gibt, die die Entscheidung für eine Transfusion anhand eines einzelnen Laborparameters ermöglicht. Vielmehr müsse man den klinischen Zustand des Patienten berücksichtigen. Aufgrund von Studien, bei denen Tiere auch sehr niedrige Hämatokritwerte überlebt hatten, wurde der Mindestwert der tolerierbaren Hämoglobinkonzentration erniedrigt.

Die Indikation zur Transfusion sei immer in Zusammenschau von klinischem Zustand und Laborwerten zu stellen. Dabei könne angenommen werden, dass bei einer Hämoglobinkonzentration > 10 g/dl fast nie und bei einer Hämoglobinkonzentration < 7 g/dl meistens eine Transfusion von Erythrozyten indiziert ist.

5.5.3 Hämoglobinkonzentration

Die Hämoglobinkonzentration ist auch heute noch ein wichtiger, wenn nicht der wichtigste Parameter, um eine Transfusionsbedürftigkeit zu erkennen. Allerdings spielt auch der klinische Zustand des Patienten eine entscheidende Rolle. Im Gegensatz zu früher existieren heute wissenschaftliche Arbeiten, die die Effektivität von Bluttransfusionen untersucht haben ^[2,18,51,53]. Die Bundesärztekammer empfiehlt eine Bluttransfusion bei einer Hämoglobinkonzentration von weniger als 5,0 g/dl. Zwischen 5,0 und 10,0 g/dl soll die Indikation unter Berücksichtigung des klinischen Zustandes gestellt werden. Über 10,0 g/dl sei im Allgemeinen keine Transfusion von Erythrozytenkonzentraten notwendig ^[12].

5.5.4 Intraoperatives Monitoring

Als klassische Symptome der schweren Anämie gelten Belastungsdyspnoe, Brustschmerz, Lethargie, Hypotension, Blässe, Tachykardie und Bewusstseinsstörungen^[56]. Diese Symptome treten zum einen nur bei ausgeprägter Anämie auf, zum anderen sind die meisten während einer Operation wegen der Narkose nicht erkennbar. Deshalb muss man auf apparative Methoden zurückgreifen, um eine insuffiziente Sauerstoffversorgung zu erkennen.

Zeichen für eine Mangelversorgung können lokal oder global bestehen. Anzeichen für einen großen Blutverlust können Tachykardie und Hypotonie sein. Ein verminderter Gehalt an Sauerstoff im Blut führt zu einer steigenden Sauerstoffausschöpfung. Übersteigt die Sauerstoffextraktion 50 %, so kann von einer beginnenden Dekompensation ausgegangen werden^[115,119,122]. Auch der gemischtvenöse periphere Sauerstoffpartialdruck kann als Indikator für die Sauerstoffversorgung herangezogen werden. Als Grenze sollte ein Partialdruck von 32 mmHg gelten^[115]. Schließlich kann auch der Gesamtsauerstoffverbrauch einen Hinweis auf eine ungenügende Sauerstoffversorgung bieten. Hat das Gewebe nicht mehr die Möglichkeit, den benötigten Sauerstoff dem Blut zu entnehmen, so sinkt der globale Sauerstoffverbrauch. Jedes nicht anderweitig erklärbare Absinken des globalen Sauerstoffverbrauchs sollte also auf eine mögliche Transfusionsbedürftigkeit aufmerksam machen.

Herz- und Gehirngewebe sind sehr anfällig gegenüber einem Minderangebot von Sauerstoff. Deswegen ist die Überwachung dieser Organe von besonderer Bedeutung. Relativ einfach zu überwachen ist das Herz. Neben dem konventionellen 12-Kanal EKG ist auch die Überwachung mittels kontinuierlicher ST-Strecken-Analyse möglich. Diese ist am sensitivsten in den Ableitungen II und V₅^[69]. Die Darstellung der Herzaktion mittels transoesophagealer Echokardiographie kann ebenfalls zur Beurteilung herangezogen werden. Neu aufgetretene Wandbewegungsstörungen sind als Zeichen einer Ischämie zu werten.

Die Überwachung der Sauerstoffversorgung des Gehirns ist weitaus aufwendiger. Es kann zwar die Sauerstoffversorgung über Oxymetrie und Messung der Sauerstoff- und Lactatdifferenzen in den Halsgefäßen abgeschätzt werden, jedoch sind diese Methoden nicht uneingeschränkt klinisch anwendbar.

5.6 Reduzierung des Fremdblutbedarfs

Um eine effektive Reduzierung des Fremdblutbedarfs zu erreichen, ist es notwendig, die Indikationsstellung und die Wirksamkeit von Bluttransfusionen an sich zu überdenken. Außerdem bedarf es der Einführung von Techniken zur Senkung des Blutbedarfs.

5.6.1 Blutsparende Operationstechnik

Das Ziel der blutsparenden Operationstechniken ist die völlige Vermeidung von Bluttransfusionen. Nach dem zweiten Weltkrieg wurde durch die Einführung von Blutbanken die Verfügbarkeit von Blutkonserven immer besser und dadurch die Behandlung von Blutverlusten immer einfacher. Deswegen mussten Chirurgen während den Operationen weniger darauf achten, dass der Patient möglichst wenig Blut verlor. Große Operationen wie die in der Herzchirurgie wurden auf diese Weise erst ermöglicht. Auch große orthopädische Operationen und eine Vielzahl von Transplantationen wären ohne die gute Verfügbarkeit von Blutkonserven undenkbar gewesen. Die strikte Ablehnung einiger Menschen, Blut übertragen zu bekommen, führte dazu, dass sich Ärzte Gedanken machten, auch diesen Menschen solche Operationen zu ermöglichen. Cooley et al. begannen Anfang der 1960er Jahre mit Eingriffen am offenen Herzen bei Zeugen Jehovas^[23]. Obwohl erfolgreich, wurden ihre Techniken nicht auf breiter Basis übernommen. Das Interesse war aber über Nacht erwacht, als in den 1980er Jahren das HI-Virus und dessen Übertragung mittels Blut bekannt wurden.

In der heutigen Zeit ist das Bemühen um eine akribische Blutstillung in den meisten chirurgischen Kliniken selbstverständlich. Immer mehr Operationen werden minimal invasiv durchgeführt, was durch geringere Traumatisierung des Gewebes zu einer Reduktion des Blutverlustes führt^[66,99]. Bei der konventionellen Operationstechnik führen vor allem Weiterentwicklungen in der Blutstillung zur Senkung des Blutverlustes. Zum einen ist das mechanische Skalpell teilweise vom elektrischen Skalpell verdrängt worden, welches durch hochfrequenten Wechselstrom gleichzeitig veröden und dissezieren kann, zum anderen stehen blutstillende Mittel wie Fibrinkleber und Fibrinkompressen zur Verfügung. In der Extremitätenchirurgie kann mit Hilfe von Blutsperren der Blutverlust im Operationsgebiet minimiert werden.

5.6.2 Narkoseführung

Der Anästhesist steuert während der Narkose entscheidende Parameter des Patienten, die einen direkten Einfluss auf den Blutverlust haben. Durch gezielte Narkoseführung kann die Blutungshäufigkeit gesenkt werden.

5.6.2.1 Normothermie

Hypothermie beeinträchtigt die Thrombozytenfunktion und bedingt dadurch einen gesteigerten Blutverlust ^[48,102], so dass eine Normothermie bei jedem Eingriff angestrebt werden sollte, der keine Hypothermie erfordert. Nur bei wenigen Operationen ist die Absenkung der Körpertemperatur sinnvoll, um einen hypoxischen Schaden zu vermeiden. Dies betrifft vor allem herzchirurgische Interventionen und Eingriffe an den großen Arterien. Außerdem erhöht eine intraoperative Hypothermie die Wahrscheinlichkeit für Wundinfektionen ^[48].

5.6.2.2 Kontrollierte Hypotension

Liegen keine Erkrankungen vor, die eine normotone Kreislaufsituation erfordern (z.B. Stenosen von organversorgenden Arterien), kann eine kontrollierte Hypotension den Blutverlust verringern. Aufgrund des relativ kleinen Effekts und der Gefahr der Minderperfusion von Organen wird dieses Verfahren jedoch kontrovers diskutiert ^[29,33,104,109].

5.6.2.3 Zentralvenöser Blutdruck

Die Senkung des venösen Blutdrucks führt zu einer geringeren Blutungsneigung, da bei diffusen Gewebsblutungen der venöse Blutdruck die treibende Kraft für den Blutaustritt ist. Zur Senkung stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung. Mittels optimaler Lagerung kann der venöse Rückstrom erleichtert werden. Außerdem führen Epidural- und Spinalanästhesien zu einer Verminderung des venösen Druckes. Dies kann auch durch Spontanatmung erreicht werden, da der positive Beatmungsdruck entfällt ^[81].

5.6.2.4 Normovolämie

Verliert der Körper zu viel des zirkulierenden Volumens, so können die natürlichen Kompensationsmechanismen keine ausreichende Gegenregulation mehr bieten. Als Folge tritt ein Volumenmangelschock ein. Der Sauerstoffgehalt im Blut ist zu diesem Zeitpunkt aber noch aus-

reichend. Wird das verlorene Volumen durch künstliche Stoffe ersetzt, so bleibt der Kreislauf intakt und die Versorgung des Gewebes mit Sauerstoff kann weiterhin erfolgen. Das erste Ziel bei Blutverlust ist demnach die Aufrechterhaltung des zirkulierenden Volumens mittels kristalloiden und kolloidalen Lösungen und erst in zweiter Linie die Bluttransfusion. Dadurch wird zwar der Sauerstoffgehalt des Blutes nicht verbessert, insgesamt wird aber durch die Steigerung des Blut-Zeitvolumens eine bessere periphere Sauerstoffversorgung erreicht ^[121].

5.6.3 Eigenblutspende

Aufgrund der HIV-„Hysterie“ in den 1980er Jahren wurde auch die präoperative Eigenblutspende immer populärer. War sie zunächst von weniger als 5 % der infrage kommenden Patienten erwünscht ^[114], so wuchs die Nachfrage beträchtlich. Für manche Operationen war der Anteil der Patienten mit Eigenblutspende auf bis zu 70 % gestiegen ^[43]. Nachdem Methoden etabliert wurden, mit denen infektiöse Blutkonserven mit großer Sicherheit ausgesondert werden konnten, nahm die Anwendung der Eigenblutspende wieder ab (Abbildung 13) ^[9].

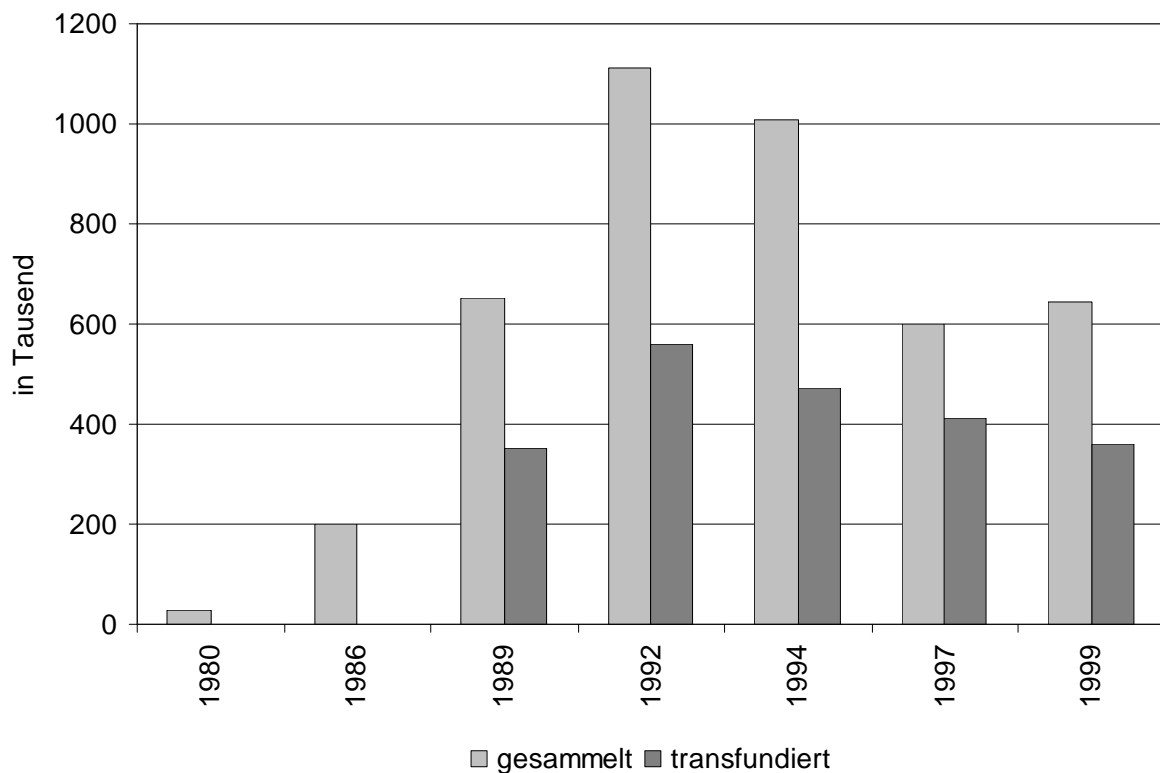


Abbildung 13: Herstellung und Transfusion von Eigenblutkonserven in den USA von 1980 bis 1999 ^[9]

Man erhoffte sich von der autologen Blutspende, etwa 10 % der insgesamt benötigten Erythrozytenkonzentrate abzudecken. In der Praxis war der Höhepunkt jedoch mit einem Anteil von ca. 5 % an allen Erythrozytentransfusionen im Jahr 1992 erreicht ^[9].

Das Hauptproblem der autologen Blutspende besteht in der hohen Rate der verworfenen Konserven. Nicht verwendete autologe Blutkonserven dürfen nicht für andere Patienten eingesetzt werden, da bei der Herstellung nicht die gleichen Bedingungen wie für homologe Konserven eingehalten werden müssen ^[12,13]. Aus diesem Grund werden bis zu 50 % der gesammelten autologen Erythrozytenkonzentrate postoperativ entsorgt ^[100]. Weil bei Eingriffen mit hohem Transfusionsrisiko naturgemäß weniger Eigenblutkonserven vernichtet werden müssen, wurde im United Kingdom die Empfehlung ausgesprochen, eine autologe Blutspende nur bei einer Transfusionswahrscheinlichkeit > 50 % durchzuführen ^[113].

Analog dem Verhalten der Patienten lässt sich auch das wissenschaftliche Interesse an der präoperativen Eigenblutspende nachvollziehen. Um ein Maß für die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit diesem Thema zu finden, dient eine MEDLINE-gestützte Literaturrecherche. Die Anzahl der gefundenen Treffer repräsentiert die Forschungsaktivität (Abbildung 14).

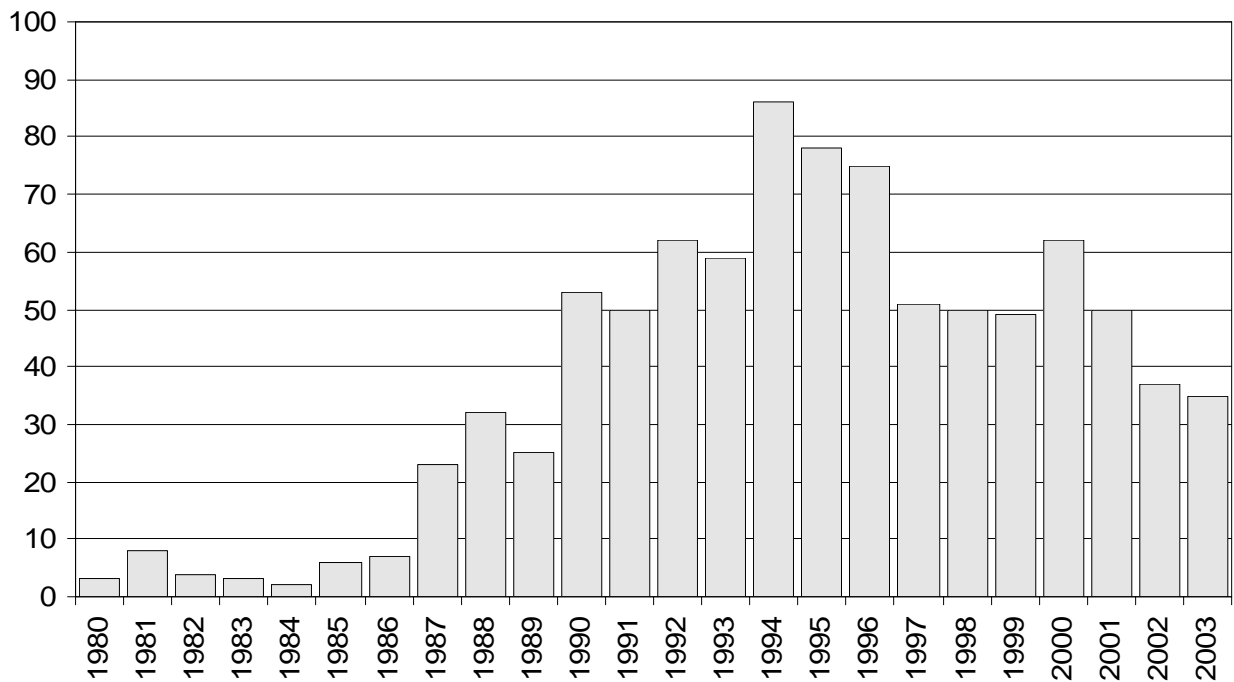


Abbildung 14: Wissenschaftliches Interesse an der autologen Blutspende

Anzahl der MEDLINE-Treffer für die Suche nach „autologous AND blood AND donation“ für die Jahre 1980-2003. Nach dem Höhepunkt Mitte der 1990er Jahre sank das wissenschaftliche Interesse wieder.

Unabhängig vom Nutzen für den Patienten wird auch die Effektivität bezüglich der Kosten diskutiert. Erschwert wird diese Diskussion durch Uneinigkeit, welche Parameter mit in die Überlegungen einbezogen werden müssen. Neben anderen haben Singbartl et al. eine Kostenanalyse für autologe Transfusionsverfahren durchgeführt ^[105]. Die Kosten eines autologen EK inklusive einer autologen FFP-Konserve errechneten sich zu ca. 85 Euro. Dagegen waren die ermittelten Kosten für ein homologes EK mit ca. 103 Euro deutlich teurer. Durch die Eigenblutspende erzielt man aber nur einen Nettogewinn an Erythrozyten von ca. 60-70% der entnommenen Menge ^[39,64]. Bezieht man nun die Kosten der autologen Spende nicht auf die An-

zahl der gewonnenen EK, sondern auf die hinzugewonnene Masse an Erythrozyten, so ist ein autologes EK wiederum deutlich teurer als sein homologes Pendant. Durch die präoperative Blutspende treten die Patienten außerdem mit einer niedrigeren Hämoglobinkonzentration im Blut zu einer Operation an. Aus diesem Grund ist die Transfusionswahrscheinlichkeit für Patienten mit vorangegangener Eigenblutspende größer.

Zur Diskussion steht auch der Einfluss der Eigenblutkonserven auf das Immunsystem. Allo-gene Blutkonserven beeinflussen die Immunabwehr in negativer Weise. Dadurch kommt es nach Transfusionen gehäuft zu bakteriellen Infektionen, deren Erreger nicht durch die Transfusion übertragen wurden ^[6,40,67]. Für Eigenblut sollte diese Eigenschaft nicht oder in weitaus geringerem Grad zutreffen, da ja kein körperfremdes Material verabreicht wird. Sonnenberg et al. kommen zu dem Schluss, dass unter Berücksichtigung der postoperativen bakteriellen Infektion die präoperative Eigenblutspende kosteneffektiv sei ^[106].

Der Einsatz der präoperativen Eigenblutspende eignet sich vor allem für Patienten, denen ein geplanter Eingriff mit hoher Transfusionsrate bevorsteht und die sich körperlich für eine Eigenblutentnahme eignen. Laut Bundesärztekammer bestehen folgende Kontraindikationen für die Entnahme von autologem Blut ^[12]:

- Akute Infektion mit der Möglichkeit der hämatogenen Streuung
- Verdacht auf infektiöse Magen-Darm-Erkrankung
- Akute Erkrankung unklarer Genese
- Frischer Herzinfarkt (≤ 3 Monate)
- Instabile Angina pectoris
- Hauptstammstenose der Koronararterien
- Klinisch wirksame Aortenstenose
- Dekompensierte Herzinsuffizienz
- Synkope unklarer Genese
- Verdacht auf fokale Infektion

5.6.4 Erythropoetin

Humanes Erythropoetin wird rekombinant hergestellt (rHu-EPO). Durch die Verabreichung im Vorfeld von Operationen kann die Hämoglobinkonzentration zu Beginn des Eingriffs gesteigert werden. Dazu ist aber eine Vorlaufzeit von 2-3 Wochen nötig ^[45]. Oftmals wird rHu-EPO in Kombination mit der präoperativen Eigenblutspende verwendet. Dadurch lässt sich eine zu niedrige Hb-Konzentration unmittelbar präoperativ vermeiden oder die Eigenblutspende überhaupt erst ermöglichen ^[74]. Aber auch die alleinige präoperative Gabe von Erythropoetin kann das Risiko für eine Fremdbluttransfusion reduzieren. Größter Nachteil von rHu-EPO ist momentan noch der hohe Preis ^[26]. Des Weiteren sollte bei der Applikation von Erythropoetin Eisen substituiert werden, um den gesteigerten Bedarf des Körpers abzudecken.

5.6.5 Präoperative akute normovoläme Hämodilution (ANH)

Als akute normovoläme Hämodilution bezeichnet man die Entnahme von Vollblut zu Beginn eines Eingriffs. Das entnommene Volumen wird durch kristalloide und kolloidale Lösungen ersetzt, um die Normovolämie aufrecht zu erhalten. Das Blut wird in Beuteln mit Stabilisatorlösung bei Zimmertemperatur gelagert. Dadurch bleibt die Funktion der Blutplättchen erhalten. Die Blutbeutel werden neben den Angaben zu Identifikation auch nummeriert und bei Bedarf in umgekehrter Reihenfolge transfundiert ^[70].

Durch die absichtliche Senkung der Hämoglobinkonzentration verliert der Patient im Falle eines Blutverlusts weniger Erythrozyten pro Blutvolumen. Sobald der Transfusionstrigger erreicht ist oder kein größerer Blutverlust mehr erwartet wird, kann das zuvor gesammelte Blut transfundiert werden. Auf diese Weise wird das Risiko für eine Fremdbluttransfusion verringert.

Der große Vorteil der akuten normovolämen Hämodilution im Vergleich zur präoperativen Eigenblutspende besteht in den geringeren Anforderungen an die zeitliche Planung. Es ist sogar möglich, Notfalleingriffe mit Hämodilution durchzuführen, solange der Patient die sonstigen Voraussetzungen erfüllt. Die ANH wird für Eingriffe empfohlen, für die ein Blutverlust von mindestens 50% des Blutvolumens zu erwarten ist ^[12]. Die Hämodilution ist nur bei Patienten sinnvoll, die eine ausreichend hohe Hämoglobinkonzentration aufweisen und die eine niedrige intraoperative Hämoglobinkonzentration tolerieren ^[10]. Mehrere Studien

belegen die Wirksamkeit der ANH ^[55,57,62], wobei die Datenlage für eine abschließende Bewertung noch nicht ausreichend erscheint ^[11]. Die eingesparten homologen Konserven bewegen sich in der Größenordnung von 1 bis 2 EK ^[41].

Im Gegensatz zur präoperativen Eigenblutspende kann bei der ANH davon ausgegangen werden, dass sie kosteneffektiv ist ^[42,82,86], was vorwiegend an den geringeren Kosten für die Lagerung und der entfallenen Testung der Konserven liegt.

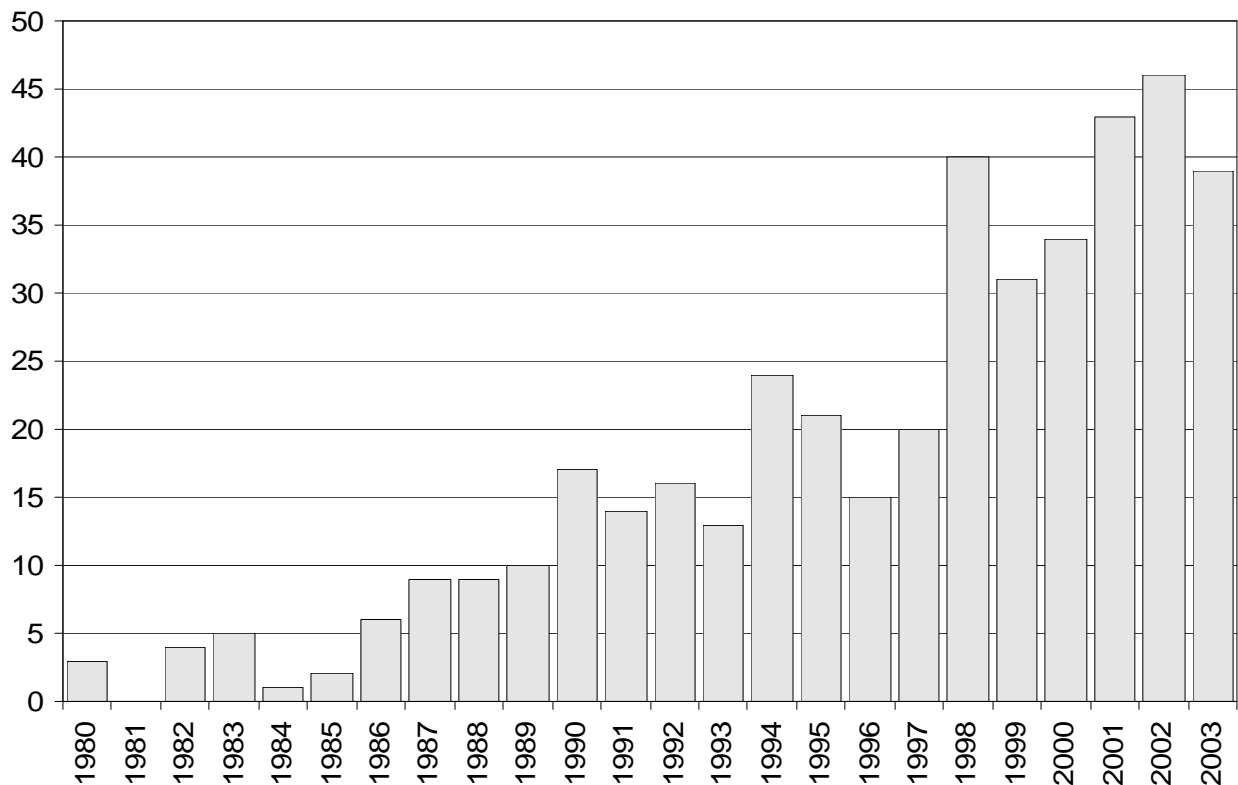


Abbildung 15: Wissenschaftliches Interesse an der akuten normovolämen Hämodilution

Anzahl der MEDLINE-Treffer für die Suche nach „acute normovolemic hemodilution“ OR ANH“ für die Jahre 1980-2003.

Aus den gleichen Gründen wie für die Eigenblutspende ist auch das Interesse an der akuten normovolämen Hämodilution Mitte der 1980er Jahre erwacht. Als Indikator dient wieder die Trefferzahl einer MEDLINE-gestützten Literaturrecherche für die betreffenden Jahre

(Abbildung 15). Im Gegensatz zur präoperativen Eigenblutspende ist aber kein Abwärtstrend erkennbar, was wohl an der besseren Kosteneffektivität liegen dürfte.

Da die Effektivität der akuten normovolämen Hämodilution maßgeblich von der Differenz zwischen Ausgangs- und Zielkonzentration des Hämoglobins abhängt, wird die Hämodilution auch in Kombination mit anderen Verfahren zur Senkung des Fremdblutverbrauchs angewendet. Durch präoperative Gabe von Erythropoetin kann die Ausgangskonzentration des Hämoglobins erhöht werden, durch die Verwendung von künstlichen Sauerstoffträgern kann die Zielkonzentration niedriger angesetzt werden. Im letzteren Fall spricht man von der so genannten augmentierten akuten normovolämen Hämodilution (A-ANH).

5.6.6 Maschinelle Autotransfusion (MAT)

Die maschinelle Autotransfusion beinhaltet alle Verfahren mittels derer patienteneigenes Wund- oder Drainageblut intra- und postoperativ zur Transfusion gewonnen wird. Dem Sammeln des Blutes folgt eine maschinelle Aufbereitung, nach der autologe Erythrozytenkonzentrate zur Retransfusion zur Verfügung stehen.

Das üblichste Verfahren besteht in der intraoperativen Gewinnung von Saugerblut. Dieses wird noch im Sauger mit Heparin versetzt, um die Gerinnung zu unterdrücken. Danach wird das Blut in einem Beutel gesammelt. Hat sich genügend Patientenblut angesammelt, so wird die Waschung in einer Glasglocke in Gang gesetzt. Durch das Waschen mit Elektrolytlösung werden die Erythrozyten von Detritus und anderen unerwünschten Bestandteilen getrennt. Durch Zentrifugation entsteht ein autologes Erythrozytenkonzentrat, das in einem Zeitrahmen von max. 6 Stunden transfundiert werden sollte ^[12].

Für den Einsatz dieses Verfahrens bestehen nur wenige Einschränkungen. Bakteriell kontaminiertes Blut darf nicht retransfundiert werden, um ein Septikämie zu vermeiden. Falls davon ausgegangen werden muss, dass sich maligne Zellen im Saugerblut befinden, darf dieses Blut nur nach einer Bestrahlung mit 50 Gy verwendet werden ^[12].

Die Wirksamkeit der intraoperativen maschinellen Autotransfusion ist belegt ^[60]. In Bezug auf die Kosten ist sie aber erst bei großen Blutverlusten effektiv. Im Allgemeinen tritt dies ab

der Gewinnung von ca. zwei autologen Erythrozytenkonzentraten auf ^[7,21,44]. Laut Hay et al. ist dafür ein Blutverlust von mehr als 3000 ml erforderlich ^[50].

5.6.7 Medikamentöse Therapie

Die spezifische medikamentöse Therapie zur Senkung der Transfusionsbedürftigkeit besteht vor allem in der Gabe von Antifibrinolytika bei Eingriffen mit hohem Transfusionsrisiko. Zu diesen Eingriffen zählen Operationen in der Herzchirurgie, Leberchirurgie und in der Orthopädie. Zum Einsatz kommen ϵ -Aminocaprinsäure und Tranexamsäure ^[73,75]. Aprotinin wurde mittlerweile aufgrund unerwünschter Arzneimittelwirkungen vom Markt genommen ^[79]. Bei Störungen der Thrombozytenfunktion durch die Einnahme von Acetylsalicylsäure, Thrombozytopathien, Urämie oder Leberzirrhose kann Desmopressin zum Einsatz kommen.

5.6.8 Künstliche Sauerstoffträger

Einziges Ziel von Erythrozytenkonzentraten ist es, die Sauerstoffversorgung im Gewebe sicherzustellen. Da liegt es auf der Hand, nach künstlichen Lösungen zu suchen, die diese Funktion übernehmen können. Zurzeit gibt es zwei Gruppen von künstlichen Sauerstoffträgern: Hämoglobinlösungen und Perfluorokarbone. Beide Stoffgruppen werden bis jetzt noch nicht im klinischen Alltag benutzt.

Die ältere Methode besteht in der Verwendung von Hämoglobin als Bindungsstelle für den Sauerstoff. Bereits kurz nach dem zweiten Weltkrieg wurde mit Hämoglobin zu diesem Zweck experimentiert. Neben der guten Sauerstofftransportfähigkeit waren aber auch gravierende Nebenwirkungen zu beobachten: Freies Hämoglobin wirkt nephrotoxisch. Ähnlich wie bei Krankheiten, die mit starker Hämolyse einhergehen, kam es zu akutem Nierenversagen. Außerdem war die Halbwertszeit mit wenigen Stunden sehr kurz ^[27].

Durch Modifikationen konnte die Nephrotoxizität verringert und die Halbwertszeit verlängert werden. Heutzutage finden vier verschiedene Typen an Hämoglobinlösungen Verwendung:

- Die Oberfläche des Hämoglobins wird mit Dextranen oder Polyethylenglykol modifiziert. So vergrößert sich die Halbwertszeit und die Lösung wird zu einem potenten Plasmaexpander.

- Es werden intramolekulare Verbindungen mittels Diacetyl- oder Pyridoxolgruppen geschaffen. Dadurch wird das Molekulargewicht praktisch nicht beeinflusst.
- Polymerisiertes Hämoglobin
- Kapselung des Hämoglobins in Liposomen. So entsteht eine Art künstlicher Erythrozyten.

Da Hämoglobin ein komplexes Protein ist, lässt es sich nicht synthetisieren. Als Quelle kommen ausdatierte menschliche Blutkonserven in Betracht oder Rinder-Hämoglobin, welches in großen Mengen zur Verfügung steht. Die teuerste Quelle für Hämoglobin ist die rekombinante Herstellung. Dieses Verfahren wird vielleicht in Zukunft relevant werden, wenn die Wirtschaftlichkeit steigt.

Als bedeutendster Nebeneffekt tritt bei der Verabreichung von freiem Hämoglobin eine Vasokonstriktion auf. Diese Vasokonstriktion gründet sich hauptsächlich auf dem so genannten NO-Scavenging: Durch die Reaktion von NO im Blut mit Fe^{2+} - oder SH-Gruppen des freien Hämoglobins wird die NO-vermittelte Vasodilatation stark vermindert ^[32,61,77]. Des Weiteren bauen Hämoglobinlösungen einen onkotischen Druck auf und wirken auf diese Weise als Plasmaexpander. Weil Hämoglobin nicht farblos ist, werden kolorimetrische Messungen im Blut unter Umständen verfälscht, sodass auf anderweitige Meßmethoden zurückgegriffen werden muss.

In Bezug auf den Sauerstofftransport ist die Funktion von Hämoglobinlösungen ausgezeichnet ^[110]. Xu et al. fanden ihre vernetzte Hämoglobinlösung im Rattenmodell sogar wirksamer als frisches autologes Blut ^[123].

Die zweite Gruppe künstlicher Sauerstoffträger sind die Perfluorokarbone. Dies sind inerte Kohlenstoff-Fluor-Verbindungen niedriger Viskosität, die sich nicht mit Wasser mischen lassen. Deswegen werden Perfluorkarbonlösungen als Emulsion verabreicht. Die Halbwertszeit beträgt etwa zehn Stunden. Nach Aufnahme durch das retikuläre endotheliale System werden die Moleküle wieder ins Blut abgegeben und über die Lunge abgeatmet ^[107]. Im Gegensatz zu Hämoglobin wird der Sauerstoff nicht gebunden, sondern rein physikalisch gelöst transportiert.

tiert. Aus diesem Grund sind für die effektive Anwendung von Perfluorkarbonen hohe inspiratorische Sauerstoffpartialdrücke notwendig. Ist dies gegeben, können Perfluorokarbone die Sauerstoffversorgung suffizient unterstützen ^[46,47,111]. Als unerwünschte Wirkung wurden leichte grippeähnliche Symptome beschrieben.

5.7 Bestehende Modelle zur Abschätzung des perioperativen Blutbedarfs

Modelle, die eine Abschätzung des perioperativen Blutbedarfs ermöglichen, sind unerlässlich zur Planung von Eingriffen mit Transfusionsrisiko. Die Bestellung von zu wenigen Konserven führt zur Gefährdung des Patienten, wogegen eine freizügige Bestellpraxis vor allem wirtschaftliche Nachteile birgt. Da diese wirtschaftlichen Folgen im Gegensatz zu fehlenden Konserven für den transfundierenden Arzt nicht unmittelbar ersichtlich sind, werden viele Ärzte lieber zu viele als zu wenige Erythrozytenkonzentrate bestellen.

Als Maß für die Effizienz eines Algorithmus, der den perioperativen Blutbedarf abschätzt, dient das Verhältnis zwischen gekreuzten und transfundierten Konserven (*crossmatch to transfusion ratio C:T*).

5.7.1 Maximum Surgical Blood Order Schedule (MSBOS)

Unter dem MSBOS versteht man eine Tabelle mit der Anzahl an Erythrozytenkonzentraten, die für einen spezifischen Eingriff maximal bestellt werden sollen. Werden mehr Konserven angefordert, so muss dies der Blutbank begründet werden. Damit sollen Überbestellungen in den meisten Fällen vermieden oder zumindest verringert werden. Propagiert wurde diese Vorgehensweise 1976 von Friedman et al. ^[36]. Der MSBOS sieht vor, für jeden Eingriff, der an einem Krankenhaus durchgeführt wird, die maximale Anzahl der zu kreuzenden Erythrozytenkonzentrate festzulegen ^[35]. Diese Zahlen sind aus den Daten der vorangehenden Jahre zu bestimmen. Dadurch ist der MSBOS immer für eine Einrichtung spezifisch und kann nicht ohne weiteres auf andere Krankenhäuser übertragen werden. Außerdem ist es erforderlich, die Zahlen im MSBOS kontinuierlich zu überprüfen und anzupassen, um Änderungen im Transfusionsbedarf nicht zu übersehen. Das C:T-Verhältnis sollte laut Friedman et al. in etwa 2:1 betragen, um einerseits unnötiges Kreuzen zu vermeiden und andererseits eine ausreichende Sicherheit für den Patienten zu ermöglichen.

Diese Praxis ist mittlerweile sehr verbreitet. Jedoch wird der MSBOS meist in Form eines *Recommended Surgical Blood Order Schedules (RSBOS)* verwendet, d.h. die üblicherweise zu bestellenden Erythrozytenkonzentrate werden angegeben und nicht deren Maximalgrenze. Die Wirksamkeit in Bezug auf die Senkung der unnötig gekreuzten Konserven ist durch mehrere Studien nachgewiesen worden ^[3,35,78].

5.7.2 Patient Specific Blood Ordering System (PSBOS)

Individuelle Einflussgrößen werden durch den MSBOS aber nicht berücksichtigt. Aus diesem Grund haben Palmer et al. ein Konzept zur Berechnung der benötigten Blutkonserven erstellt ^[94]. Retrospektiv wurden 178 Eingriffe evaluiert, für die zuvor mittels MSBOS Konserven bestellt wurden. Von der Studie ausgeschlossen wurden Patienten, die herzchirurgische Eingriffe oder komplexe Organtransplantationen bekamen. Mittels PSBOS konnte die intraoperative Transfusionsbedürftigkeit effektiver vorhergesagt werden. Das C:T-Verhältnis lag dabei bei 2:1, wogegen das C:T-Verhältnis des MSBOS an dieser Klinik auf 4:1 geschätzt wurde. Es bleibt dagegenzuhalten, dass die von Friedman et al. für den MSBOS geforderte Quote von 2:1 nicht eingehalten und damit der MSBOS vermutlich nicht adäquat erstellt wurde.

Das Prinzip des PSBOS gründet sich auf der Definition von Transfusionstriggern in Bezug auf den Hämatokrit und der Abschätzung des intraoperativen Blutverlustes. Der tolerierte minimale Hämatokrit wurde für Patienten der ASA Klasse III und höher oder Patienten mit koronarer Herzerkrankung (KHK) auf 28% festgelegt. Patienten des ASA Klassen I und II ohne KHK wurden bis zu einem Hämatokrit von 21% nicht transfundiert. Durch die operierenden Chirurgen fand präoperativ eine Einschätzung des zu erwartenden Blutverlusts statt. Diese Schätzungen sind aber sehr ungenau. Selbst die Messung des Blutverlusts im Operationssaal ist oft mit größeren Ungenauigkeiten behaftet und in der Regel wird der aufgetretene Blutverlust unterschätzt ^[93].

Anhand des präoperativen Hämatokrits, des geschätzten Blutvolumens und des geschätzten Blutverlusts wird der erwartete postoperative Hämatokrit ohne Transfusion errechnet. Ist dieser kleiner als der tolerierte Hämatokrit, so wird die Transfusionsbedürftigkeit vorhergesagt. Zur Anzahl der zu bestellenden Konserven wird keine Angabe gemacht. Die Berechnung des vorhergesagten Hämatokrits geschieht mittels folgender Formel:

$$PHct = SHct \cdot \frac{\text{gesch.Blutvolumen} - \text{erw.Blutverlust}}{\text{gesch.Blutvolumen}}$$

Dabei ist PHct der vorhergesagte postoperative und SHct der unmittelbar präoperative Hämatokrit. Neben der Schätzung des Blutverlustes ist auch die Ermittlung des Blutvolumens mit großen Ungenauigkeiten behaftet ^[92].

Eine Äquivalente Gleichung wurde zuvor schon von Nelson et al. aufgestellt ^[85]. Die oben stehende Gleichung ist bei ihnen nach dem erwarteten Blutverlust aufgelöst. Durch Einsetzen des postoperativ minimal tolerierten Hämatokrits wird der maximal erlaubte Blutverlust berechnet. Überschreitet der erwartete Blutverlust diesen Wert, so müssen Erythrozytenkonzentrate bestellt werden.

5.7.3 Surgical Blood Order Equation (SBOE)

Eine weitere Methode zur Vorhersage der Transfusionsbedürftigkeit haben Nuttall et al. vorgestellt. Abhängig vom Blutverlust und der tolerierten Hämoglobinkonzentration des Patienten wird mit einer Gleichung die zu bestellende Menge an Erythrozytenkonzentraten berechnet (*surgical blood order equation*) ^[90]. In einer prospektiven randomisierten Doppelblindstudie wurde die SBOE daraufhin mit dem MSBOS verglichen ^[89]. Das Patientengut bestand aus 60 Patienten, die sich einer Hüftgelenkersatz-Operation unterzogen. Als Ausschlusskriterien wurden das Vorhandensein von präoperativen autologen Erythrozytenkonserven und die Applikation von Thrombozytenaggregationshemmern bzw. Heparin gewertet.

Folgende Gleichung wurde zur Bestellung der Blutkonserven verwendet:

$$\text{zu bestellende EK} = \text{verlorener Hb} - (\text{PräHb} - \text{MinHb})$$

PräHb bezeichnet dabei die unmittelbar präoperative und MinHb die minimale tolerierte Hämoglobinkonzentration des Patienten. Die minimale Hämoglobinkonzentration wurde als Transfusionstrigger angesetzt. Sie wurde durch den anfordernden Arzt unter Einbeziehung des Patientenalters und der Begleiterkrankungen festgelegt.

Als generelle Transfusionskriterien wurden festgelegt:

- Hb < 8 g/dl für sonst gesunde Patienten
- Hb < 11 g/dl für Patienten mit erhöhter Ischämiegefährdung
- Akuter Blutverlust, gekennzeichnet durch:
 - Erniedrigung des Blutvolumens um mehr als 15 %
 - Diastolischer Blutdruck < 60 mmHg
 - Absinken des systolischen Blutdrucks um mehr als 30 mmHg
 - Tachykardie
 - Oligurie
- Symptomatische Anämie mit Tachykardie, Bewusstseinsstörungen, kardialer Ischämie, orthostatischer Benommenheit oder Atemnot

Die SBOE errechnete für 19 % der Patienten eine zu hohe Bestellung, wogegen durch den MSBOS in 93 % der Fälle zu viel Blut bestellt wurde. Zu wenige Konserven wurden durch die SBOE in 23 % der Fälle bestellt, wobei aber diese Patienten alle erst postoperativ transfusionspflichtig wurden. Daraus resultiert auch das sehr niedrige C:T-Verhältnis von 0,83:1. Mit dem MSBOS wurde ein C:T-Verhältnis von 4,12:1 erreicht. Die Autoren führten zu Vermeidung der Minderbestellung die Möglichkeit an, die zu bestellende Anzahl an Konserven immer um eins zu erhöhen. Dadurch würde immer noch ein C:T-Verhältnis von 1,3:1 erreicht.

5.8 Prädiktoren für den perioperativen Blutbedarf

Für die Vorhersage der perioperativen Transfusionsbedürftigkeit ist es nötig, Parameter zu evaluieren, die die Wahrscheinlichkeit für eine Transfusion beeinflussen. Zu unterscheiden sind patientenunabhängige und individuelle Faktoren.

5.8.1 Patientenunabhängige Faktoren

Diese Faktoren sind zwar nicht völlig unabhängig vom Patienten, im Vergleich zu Blutparametern und anderen messbaren Größen werden sie aber maßgeblich von äußeren Einflüssen bestimmt. Die Art des Eingriffs hängt natürlich vom Patienten ab, der dadurch ausgeübte Ein-

fluss auf den Transfusionsbedarf ist aber unabhängig vom individuellen Patienten. Gleiches gilt für die Anwendung fremdblutsparender Verfahren.

5.8.1.1 Art des Eingriffs

Die Art des Eingriffs legt die grundlegende Transfusionswahrscheinlichkeit fest. Diese Wahrscheinlichkeit wird durch die anderen Faktoren maßgeblich verändert, sie ist aber gewissermaßen eine Kenngröße des geplanten Eingriffs. Aufgrund von unterschiedlichen Patientengruppenpopulationen kann die Transfusionswahrscheinlichkeit für einen bestimmten Eingriff von Klinik zu Klinik durchaus deutlich differieren (Tabelle 20).

Klinik	Fallzahl	Mittel EK	p _{Transf}	95%-Konfidenzintervall
Chirurgische Klinik und Poliklinik Großhadern	129	0,78	20,27 %	13,49 % - 27,05 %
Chirurgische Klinik und Poliklinik Innenstadt	51	0,35	14,44 %	5,50 % - 23,38 %
Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe Großhadern	20	0,30	13,80 %	8,51 % - 19,09 %
Klinik und Poliklinik für Frauenheilkunde und Geburtshilfe Innenstadt	89	0,20	9,61 %	3,86 % - 15,36 %
Herzchirurgische Klinik	1	2	60,33 %	20,65 % - 100,00 %
Dr. von Haunersches Kinderspital	37	0,03	7,15 %	0,48 % - 13,82 %
Neurochirurgische Klinik und Poliklinik	4	0	24,50 %	0,00 % - 48,99 %
Urologische Klinik und Poliklinik Großhadern	19	0,37	12,79 %	0,94 % - 24,64 %

Tabelle 20: Transfusionswahrscheinlichkeiten in verschiedenen Kliniken am Beispiel der elektiven Laparotomie. Die Daten stammen aus dem Jahr 2002. „Mittel EK“ bezeichnet den mittleren EK-Bedarf pro Eingriff, p_{Transf} die berechnete Transfusionswahrscheinlichkeit mit 95%-Konfidenzintervall

Für häufig durchgeführte Eingriffe (durchschnittlich mehr als zwei Patienten pro Monat) mit einer Transfusionswahrscheinlichkeit größer 5 % ist nachfolgend eine Übersicht dargestellt

(Tabelle 21). Die aufgeführten Eingriffe wurden über alle Kliniken summiert, sodass eine durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit berechnet wurde, falls die Eingriffsart an mehreren Kliniken durchgeführt wurde. Operationen im Bereich der Herzchirurgie sind nicht mit berücksichtigt, da dort praktisch jeder Eingriff mit einem hohen Transfusionsrisiko behaftet ist.

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	P _{Transf}	95%- Konfidenzintervall
Abszessspaltung	38	0,11	6,98 %	0,47 % - 13,50 %
Akustikusneurinom - Transtemporale Exstirpation	38	0,03	6,98 %	0,47 % - 13,50 %
Amputation (ohne nähere Angabe)	114	0,18	10,96 %	5,47 % - 16,46 %
Aortenaneurysma abdominal - Operative Versorgung	91	0,31	15,73 %	8,54 % - 22,92 %
Blasenentfernung	28	0,89	28,02 %	12,68 % - 43,36 %
Blasen-Plastik	39	0,08	9,15 %	1,42 % - 16,89 %
Dickdarm-Segmentresektion	28	0,11	12,31 %	1,98 % - 22,65 %
Dünndarm-Resektion	33	0,24	16,07 %	4,82 % - 27,33 %
Dynamische Hüftschraube	48	0,21	13,35 %	4,53 % - 22,17 %
Embolektomie/Thrombektomie	90	0,12	10,57 %	4,57 % - 16,57 %
Explorative LAP bei Ovarial-Ca	78	0,62	24,34 %	15,13 % - 33,56 %
Gastrektomie	56	0,48	19,92 %	10,00 % - 29,84 %
Gefäßbypass peripher	206	0,18	9,49 %	5,60 % - 13,39 %
Gehirn-Operation bei Aneurysma/Angiom	78	0,22	8,46 %	2,77 % - 14,14 %
Hämatomausräumung	32	0,13	10,94 %	1,73 % - 20,15 %
Hemicolektomie	71	0,44	18,60 %	9,94 % - 27,26 %
Hüfte-TEP mit Zement	144	0,33	13,47 %	8,06 % - 18,89 %
Hüfte-TEP Wechsel	75	0,80	29,07 %	19,10 % - 39,04 %
Hüfte-TEP zementlos	105	0,24	14,63 %	8,11 % - 21,14 %
Hüftoperation (ohne nähere Angabe)	186	0,14	8,39 %	4,54 % - 12,24 %
Laparotomie (ohne nähere Angabe)	484	0,39	12,69 %	9,75 % - 15,63 %
Leber-Teilresektion	91	1,09	29,44 %	20,31 % - 38,57 %
Lunge-atypische Resektion	113	0,09	5,07 %	1,38 % - 8,75 %
Lunge-Lobektomie/Bilobektomie	40	0,18	11,22 %	2,58 % - 19,86 %
Lunge-Pleurodese	46	0,02	5,86 %	0,38 % - 11,34 %

Operationsart	Fallzahl	Mittel EK	p _{Transf}	95%- Konfidenzintervall
Magenoperation (ohne nähere Angabe)	36	0,08	9,84 %	1,54 % - 18,14 %
Mundboden – suprahyoidale Tumorchirurgie	33	0,06	7,93 %	0,54 % - 15,32 %
Nierenoperation (ohne nähere Angabe)	54	0,07	5,05 %	0,33 % - 9,77 %
Niere-Teilentfernung	30	0,13	8,63 %	0,59 % - 16,67 %
Niere-Transplantation	57	0,11	8,09 %	1,81 % - 14,37 %
Oberschenkeloperation (ohne nähere Angabe)	222	0,06	5,28 %	2,46 % - 8,09 %
Prostatatumor – operative Versorgung	105	0,24	9,11 %	3,91 % - 14,32 %
Rektumresektion	66	0,47	21,36 %	11,89 % - 30,84 %
Relaparotomie	111	0,28	14,73 %	8,36 % - 21,10 %
Rippenresektion	25	0,28	13,59 %	2,22 % - 24,97 %
Schädel-Frakturversorgung	39	0,13	11,49 %	2,65 % - 20,32 %
Sigmaresektion	106	0,23	10,85 %	5,21 % - 16,50 %
Thorakotomie (ohne nähere Angabe)	80	0,30	13,03 %	6,03 % - 20,02 %
Tumornephrektomie	98	0,40	15,63 %	8,70 % - 22,56 %
Unterkiefer Tumorchirurgie	52	0,02	5,23 %	0,34 % - 10,12 %
Uterus-Exstirpation per LAP(+LK)	153	0,09	5,05 %	1,81 % - 8,29 %
Wertheim-Operation (+LK)	71	0,27	15,93 %	7,83 % - 24,02 %
Whipple-Operation	30	2,57	35,23 %	19,23 % - 51,22 %
Wirbelsäuleneingriff cervical - Laminektomie dorsal	26	0,04	9,79 %	0,68 % - 18,89 %
Wirbelsäuleneingriff (ohne nähere Angabe)	105	0,20	7,28 %	2,64 % - 11,91 %
Wirbelsäuleneingriff thorakal – Laminektomie	40	0,20	11,22 %	2,58 % - 19,86 %
Wirbelsäuleneingriff – Verplattung	51	0,24	8,97 %	2,02 % - 15,92 %

Tabelle 21: Ausgewählte (berechnete) Transfusionswahrscheinlichkeiten des Jahres 2002 in Abhängigkeit vom durchgeführten Eingriff

Nur elektive Eingriffe außerhalb der Herzchirurgie mit mehr als 24 Patienten pro Jahr und einer berechneten Transfusionswahrscheinlichkeit > 5 %. Fallzahl = Anzahl der durchgeführten Eingriffe, Mittel EK = durchschnittlicher EK-Verbrauch, p_{Transf} = Transfusionswahrscheinlichkeit

5.8.1.2 Anwendung von fremdblutsparenden Verfahren

Werden fremdblutsparende Verfahren angewendet, so sollte der Bedarf an homologen EK sinken. Blutsparende Anästhesieführung und Operationstechnik stellen nicht eine Option dar, sondern müssen in jedem Fall adäquat durchgeführt werden.

Für die präoperative Eigenblutspende ist eine quantitative Messung der Einsparung von homologen Erythrozytenkonzentraten schwierig, da die perioperative Transfusionswahrscheinlichkeit durch den präoperativen Blutverlust steigt. Durch den Vergleich der Hämoglobinkonzentration vor und nach der Eigenblutspende unter Berücksichtigung der entnommenen Konserven lässt sich die eingesparte Anzahl an Erythrozytenkonserven abschätzen:

$$\Delta EK = AEK + \Delta Hb$$

ΔEK sind die eingesparten homologen Erythrozytenkonzentrate. AEK bezeichnet die entnommenen autologen Erythrozytenkonzentrate. ΔHb ist die Differenz zwischen der Hämoglobinkonzentration unmittelbar präoperativ und vor Eigenblutentnahme. Da die Hämoglobinkonzentration durch die Blutentnahme meist sinkt, ist ΔHb in der Regel negativ. Die Gleichung setzt voraus, dass ein EK einer Änderung der Hämoglobinkonzentration von 1g/dl entspricht.

Bei der Anwendung der akuten normovolämen Hämodilution hängt der Einspareffekt maßgeblich von der präoperativen und der minimal tolerierten Hämoglobinkonzentration ab. Im Allgemeinen kann davon ausgegangen werden, dass etwa 1 bis 2 EK durch die Hämodilution eingespart werden können ^[41].

Die Verwendung der maschinellen Autotransfusion birgt das größte Potential zu Einsparung von Fremdblut. So kann vor allem bei Eingriffen mit exzessivem Blutverlust eine große Menge verlorenen Blutes wiederaufbereitet werden. Allerdings ist die präoperative Quantifizierung schwierig, da das Ergebnis stark vom Blutverlust abhängt.

Durch die präoperative Gabe von Erythropoetin wird die Hämoglobinkonzentration angehoben. Deswegen muss die EPO-Gabe nicht berücksichtigt werden, wenn die Bestellung von

Erythrozytenkonzentraten durch die präoperative Hämoglobinkonzentration mitbestimmt wird.

5.8.2 Individuelle Faktoren

Die Vorhersage der perioperativen Transfusionsbedürftigkeit setzt die Identifikation individueller Risikofaktoren voraus. Mit Hilfe dieser Faktoren ist es möglich, den perioperativen EK-Verbrauch abzuschätzen. Ist diese Schätzung ausreichend genau, so kann mit ihrer Hilfe die präoperative Blutbestellung optimiert werden, was zu einer besseren Ressourcenausnutzung und damit zu einer ökonomischen Verbesserung führt.

5.8.2.1 Studien zur Ermittlung individueller Einflussgrößen

Von mehreren Autoren wurden Studien durchgeführt, die einen Überblick über die individuellen Einflussgrößen in Bezug auf die perioperative Transfusion von Erythrozyten geben sollen. Die Studien wurden meist in einem sehr begrenzten Rahmen bezüglich der berücksichtigten Eingriffe durchgeführt und die Ergebnisse dürfen streng genommen nur auf diese Eingriffe angewendet werden. Wie sich gezeigt hat, gibt es viele Faktoren, die sich in den verschiedenen Studien überschneiden, so dass sich daraus allgemein gültige Aussagen folgern lassen. Nachstehend wird eine Übersicht über die 12 ausgewerteten Studien gegeben.

Berenholtz et al. haben retrospektiv 3.988 erwachsene Patienten zwischen Juli 1997 und Juni 2000 untersucht ^[4]. Die Patienten stammen aus 39 Krankenhäusern in Maryland und haben sich einer Wirbelsäulenoperation unterzogen. Eingeschlossen wurden Patienten mit folgenden Eingriffen: dorsale und dorsolumbale Fusion in posteriorer Technik, lumbale und lumbosakrale Fusion in posteriorer Technik und Refusion in beliebiger Technik. Diese Auswahl wurde getroffen, damit die berücksichtigten Eingriffe ein hohes Transfusionsrisiko aufweisen. Die Anzahl der verabreichten Konserven konnte nicht ermittelt werden, es war lediglich ersichtlich, ob ein Patient eine Transfusion erhielt und welche Art von Präparat er erhalten hat. 20 % der Patienten erhielten mindestens eine Transfusion. Als unabhängige Risikofaktoren wurden weibliches Geschlecht, Alter, Diabetes mit Spätfolgen und metastasierte Erkrankungen ermittelt.

Cirasino et al. untersuchten retrospektiv 173 Patienten die erstmalig an einem Lungenmalignom operiert wurden ^[20]. Die Fälle wurden konsekutiv durchgeführt. Es wurden folgende Eingriffe vorgenommen: Bronchoskopische Operation, Thorakoskopie, atypische Segmentresektion, Lobektomie, Bilobektomie und Pneumonektomie. Transfundierte wurden die Patienten aufgrund der Hämoglobinkonzentration und klinischer Zeichen für eine Anämie. In Abwesenheit anderer Indikationen wurde eine Transfusion intraoperativ bei Unterschreiten der Hämoglobinkonzentration von 10 g/dl, postoperativ bei Unterschreiten von 8 g/dl durchgeführt. 17 % der Patienten erhielten eine homologe Bluttransfusion. Als Prädiktoren für die homologe Bluttransfusion wurden neben der Eingriffsart nur die Erythrozytensedimentationsrate und das Alter der Patienten festgestellt.

Covin et al. analysierten elektive Bypassoperationen der Koronararterien an 3.034 Patienten zwischen September 1992 und Dezember 1996 ^[25]. Da die Patienten aus dem *Veteran Affairs Health Care System* stammen, befinden sich darunter 99,4 % Männer. Die Eingriffe wurden an 14 verschiedenen Kliniken durchgeführt. Insgesamt 84 Fälle wurden von den ursprünglich 3.126 Patienten wegen klinischer Gründe ausgeschlossen. Darunter fielen der präoperative Einsatz einer intraaortalen Ballonpumpe, postoperativer Myokardinfarkt innerhalb von 7 Tagen, postoperative PTCA innerhalb von 72 Stunden oder Zugehörigkeit zur ASA-Klasse 5. 34 % der Patienten erhielten Erythrozytenkonzentrate, der mittlere Verbrauch lag bei 0,85 EK pro Eingriff. Allerdings differierte in den verschiedenen Kliniken die Transfusionsinzidenz erheblich. Als Endpunkt wurde unter anderem die Transfusion von mindestens zwei Erythrozytenkonzentraten definiert. Für diesen Endpunkt ergaben sich folgende Prädiktoren: präoperative Hämoglobinkonzentration, Body Mass Index, Alter des Patienten, Kreatinin, NYHA-Klasse, vorangegangene Gastrointestinalblutung und die Auswurfraction des linken Ventrikels.

Findlay et Rettke analysierten retrospektiv 583 Patienten hinsichtlich Vorhersageparametern für eine Bluttransfusion ^[34]. Die durchgeführten Eingriffe waren ausschließlich Lebertransplantationen, die konsekutiv im Zeitraum zwischen Juni 1986 und November 1995 stattfanden. Es gab kein einheitliches Transfusionsprotokoll. Die Indikation zur Transfusion wurde aufgrund klinischer Zeichen und der Hämoglobinkonzentration gestellt. Als unabhängige Vorhersagewerte wurden das Patientenalter, die Bilirubinkonzentration, die Konzentration der

Pseudocholinesterase und die Kreatininkonzentration im Blut identifiziert. Allerdings betrug der Korrelationsfaktor insgesamt nur 0,22, d.h. 22 % der transfundierten Konzentrate waren durch diese Parameter vorhersagbar.

Karkouti et al. führten eine prospektive Studie an 1.007 Patienten durch, die sich einem elektiven Ersteingriff im Sinne einer koronararteriellen Bypassanlage unterzogen ^[63]. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich von Januar 1997 bis September 1998. Anhand der ersten zwei Drittel der Fälle wurde eine Strategie zur Vorhersage der Transfusionsbedürftigkeit erstellt, die anhand des letzten Drittels überprüft wurde. Insgesamt erhielten 29 % der Patienten eine Blutübertragung. Als Transfusionstrigger galt ein Hämatokrit kleiner 18 % während des kardiopulmonalen Bypasses, kleiner 20 % intraoperativ nach Abgang von der Herz-Lungen-Maschine und kleiner 24 % in zwei aufeinander folgenden Messungen postoperativ. Als unabhängige Einflussgrößen für eine Transfusionsbedürftigkeit wurden die präoperative Hämoglobinkonzentration, das Körpergewicht, das Patientenalter und das Geschlecht des Patienten erkannt.

Keating et al. untersuchten 559 Patienten, die sich einer Knie-TEP-Operation unterzogen ^[65]. Berücksichtigt wurden nur Ersteingriffe. Die Hälfte der Patienten bekam eine unilaterale, die andere eine bilaterale TEP eingesetzt. Für den Zeitraum von Januar 1993 bis August 1997 wurden retrospektiv die auf einander folgenden Eingriffe betrachtet. Allgemeines Transfusionskriterium war eine Hämoglobinkonzentration < 9 g/dl oder ein akuter Blutverlust von mehr als 15 % des Blutvolumens. Insgesamt mussten 45 % der Patienten eine Transfusion erhalten. Allerdings fand in 65 % aller Fälle eine präoperative Eigenblutspende statt. Betrachtet man nur die Fremdbluttransfusion, so wurde diese lediglich in 13 % der Fälle notwendig. Als Prädiktoren wurden die präoperative Hämoglobinkonzentration, das Patientenalter, Körpergröße und -gewicht, das Geschlecht und das geschätzte Blutvolumen angegeben. Zur Abschätzung des Transfusionsrisikos wurde ein Nomogramm erstellt, mit dem anhand der präoperativen Hämoglobinkonzentration und des Blutvolumens das Risiko für eine Transfusion bestimmt werden kann.

Van Klei et al. untersuchten 1.482 Patienten, an denen Eingriffe mit mittlerem (1-30 %) Transfusionsrisiko durchgeführt wurden ^[118]. Die Daten wurden retrospektiv aus der Klinik-

datenbank ermittelt. Aus allen Patienten wurden 75 % zufällig ausgewählt, die die Grundlage für die Evaluation der Risikofaktoren bilden. Danach wurden diese Prädiktoren an den restlichen 25 % der Patienten validiert. Ein bindendes Transfusionsprotokoll wurde nicht erstellt. Im Allgemeinen kann aber davon ausgegangen werden, dass bei einer Hämoglobinkonzentration von weniger als 10 g/dl eine Erythrozytengabe durchgeführt wurde. In 19 % der Fälle fand solch eine Transfusion statt. Aus den unterschiedlich gewichteten Risikofaktoren wurde ein Score errechnet. Dieser Score ermöglichte dann die Ermittlung der geschätzten Transfusionswahrscheinlichkeit. Als relevante Faktoren wurden das Geschlecht, das Alter und die Art des Eingriffs identifiziert. Weitere Faktoren sind die präoperative Hämoglobinkonzentration und die Anwendung einer Kombinationsanästhesie. Beide Faktoren gehen aber nicht in den Score mit ein.

Larocque et al. haben ein Punktesystem erstellt, das die Vorhersage einer postoperativen Transfusion nach Hüft- oder Knieersatzoperationen ermöglichen soll ^[72]. Zu diesem Zweck untersuchten sie retrospektiv 599 Patienten, an denen zwischen 1990 und 1995 elektive Eingriffe durchgeführt wurden. War 1990 noch in 19 % der Fälle eine Bluttransfusion notwendig, so sank dieser Anteil bis zum Jahr 1995 auf 12 %. Als unabhängige Risikofaktoren für eine Transfusion wurden der Umfang der Operation, Primäreingriff oder Revision, präoperative Hämoglobinkonzentration, präoperative autologe Blutspende und das Körpergewicht des Patienten identifiziert. Aus diesen Faktoren (ausgenommen der präoperativen Eigenblutspende) kann ein Score errechnet werden, mittels dessen man die Wahrscheinlichkeit für eine Transfusion abschätzt. Aufgrund dieser Wahrscheinlichkeit soll eine Aussage bezüglich des Nutzens einer präoperativen Eigenblutspende gemacht werden. Dieses Punktesystem wurde in einer nachfolgenden Studie mit 460 Patienten validiert ^[71]. Mit dieser Studie konnte die Aussagekraft des Score-Systems untermauert werden.

Nilsson et al. untersuchten retrospektiv das Transfusionsaufkommen bei 14.052 Patienten, die zwischen 1994 und 2000 an einem kolorektalen Malignom operiert wurden ^[87]. Die Patienten von 52 verschiedenen Krankenhäusern wurden aus einer Datenbank aufgrund eines passenden ICD-9-CM-Codes ausgewählt. 2 % der Patienten unterzogen sich einer totalen Kolektomie, 79 % einer partiellen Kolektomie und 19 % rektalen Eingriffen. Die präoperative Hämoglobinkonzentration im Blut der Patienten war für die Untersucher nicht verfügbar. Für die

Gabe von homologen Erythrozytenkonzentraten ergaben sich folgende Vorhersageparameter: Das Geschlecht, das Patientenalter, das Vorhandensein von chronischen Lungenerkrankungen, chronischen Lebererkrankungen oder chronischen Nierenerkrankungen, Spätschäden infolge eines Diabetes mellitus und eine fortgeschrittene Krankheit mit Metastasen.

Nuttall et al. haben retrospektiv den perioperativen Blutbedarf von 244 Patienten analysiert ^[88]. An den Patienten wurden zwischen Januar 1994 und Juli 1995 Eingriffe an der Wirbelsäule durchgeführt. Als Transfusionskriterien wurden eine Hämoglobinkonzentration unter 8 g/dl für sonst gesunde Patienten, unter 11 g/dl für Patienten mit erhöhtem Ischämierisiko, ein relevanter akuter Blutverlust (> 15 % des Blutvolumens, diastolischer Blutdruck < 60 mmHg, Abfall des systolischen Blutdrucks > 30 mmHg, Tachykardie oder Oligurie) oder eine symptomatische Anämie (Tachykardie, mentale Beeinträchtigung, kardiale Ischämie oder Dyspnoe) definiert. Die resultierenden Prädiktoren für die Transfusion von Erythrozytenkonzentraten bestanden in der präoperativen Hämoglobinkonzentration, Anzahl der autologen Blutkonserven, bestehenden Lungenerkrankungen, Eingriffe wegen Tumoren, Anzahl der betroffenen Wirbelsäulensegmente und der Nichtverwendung des Jackson-Operationstisches.

Ramos et al. untersuchten prospektiv 122 Patienten, an denen eine Lebertransplantation durchgeführt wurde ^[98]. Die Patienten wurden im Zeitraum zwischen September 1998 und November 2000 operiert. Das Transfusionsregime sah vor, dass die Hämoglobinkonzentration intraoperativ zwischen 8 g/dl und 10 g/dl gehalten wurde. Insgesamt erhielten 66 % der Patienten intraoperativ eine homologe Bluttransfusion. Als einziger unabhängiger Prädiktor für den Erhalt von mindestens einem Erythrozytenkonzentrat fand sich die präoperative Hämoglobinkonzentration.

Renton et al. führten eine Studie an 74 herzchirurgischen Patienten durch ^[101]. Die Patienten wurden konsekutiv an einer Klinik operiert. Dabei erstreckt sich der Zeitraum der Eingriffe zwischen dem 01.08.1993 und dem 31.08.1993. Es wurden nur elektive Eingriffe eingeschlossen. Während der Patient an der Herz-Lungen-Maschine angeschlossen war, wurde bei einer Hämoglobinkonzentration < 7 g/dl transfundiert. Danach betrug die Schwelle 10 g/dl. Von den 74 Patienten erhielten 92 % eine Bluttransfusion, wobei der Großteil intraoperativ oder während der ersten 24 Stunden nach dem Eingriff durchgeführt wurde. Als unabhängige

Faktoren für die Wahrscheinlichkeit einer Transfusion fanden sich die präoperative Hämoglobinkonzentration, das Geschlecht, das Patientenalter und das geschätzte Volumen der gesamten Erythrozyten.

Autoren	Zeitraum	Fallzahl	Eingriffe	Retro-/ Prospektiv	Elektiv/ Notfall	Transf.- inzidenz
Berenholtz et al. 2002	07/1997 – 06/2000	3.988	Wirbelsäulen-OP	R	E+N	20 %
Cirasino et al. 2000	01/1995 – 12/1995	173	OP Lungenmalignom	R	k.A.	17 %
Covin et al. 2003	09/1992 – 12/1996	3.034	Koronarart. Bypass	R	E	34 %
Findlay et Rettke 2000	06/1986 – 11/1995	583	Leber-Transplantation	R	k.A.	k.A.
Karkouti et al. 2001	01/1997 – 09/1998	1.007	Koronarart. Bypass	P	E	29 %
Keating et al. 1998	01/1993 – 08/1997	559	Knie-TEP	R	k.A.	13 %
Van Klei et al. 2001	1998	1.482	Allgemeinchirurgie p _{Transf} 1-30 %	R	E+N	19 %
Larocque et al. 1997	1990 – 1995	599	Gelenkersatz Knie o. Hüfte	R	E	12-19 %
Nilsson et al. 2002	1994 – 2000	14.052	Kolorektales Ca.	R	E+N	20 %
Nuttall et al. 2000	01/1994 – 07/1995	244	Wirbelsäulen-OP	R	k.A.	36 %
Ramos et al. 2003	09/1998 – 11/2000	122	Leber-Transplantation	P	k.A.	66 %
Renton et al. 1997	August 1993	74	Herzchirurgie	k.A.	E	92 %

Tabelle 22: Übersicht über die ausgewerteten zwölf Studien zur Bestimmung von präoperativen Vorhersageparametern bezüglich der Transfusionsbedürftigkeit

P = prospektiv, R = retrospektiv, E = elektiv, N = notfallmäßig, k.A. = keine Angabe

Autoren	Transfusions-trigger	Beobachteter Zeitraum	Kriterium	Präoperative Risikofaktoren
Berenholtz et al. 2002	k.A.	Krankenhausaufenthalt	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Alter • Geschlecht • Diabetes mell. mit Spätfolgen • Metastasierte Erkrankung
Cirasino et al. 2000	Intraop. Hb 10g/dl Postop. Hb 8g/dl	OP bis Entlassung	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Eingriffsart • Blutsenkungsgeschwindigkeit • Alter
Covin et al. 2003	k.A.	Intraoperativ	EK > 2	<ul style="list-style-type: none"> • Hb • Gewicht, Body-Mass-Index • Alter • Kreatinin • NYHA-Stadium • Anamnestisch GI-Blutung • Auswurf fraktion d. linken Ventrikels
Findlay et Rettke 2000	Klinik + Hb	k.A.	Anzahl der EK	<ul style="list-style-type: none"> • Alter • Bilirubin • Kreatinin • Pseudocholinesterase
Karkouti et al. 2001	Hk 0,18 - 0,24	OP-Tag + 1 postop. Tag	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Hb • Gewicht • Alter • Geschlecht
Keating et al. 1998	Hb 9g/dl Blutverlust 15 %	Krankenhausaufenthalt	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Hb • Gewicht • Alter • Geschlecht • Größe • Geschätztes Blutvolumen
Van Klei et al. 2001	Hb 10g/dl	OP-Tag + 1 postop. Tag	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • (Hb) • Geschlecht • Alter • Eingriffsart • (Kombinationsanästhesie)
Larocque et al. 1997	k.A.	Postoperativ	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Hb • Gewicht • Eingriffsart • Primäreingriff / Revision
Nilsson et al. 2002	k.A.	Krankenhausaufenthalt	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Geschlecht • Alter • Chron. Lungenerkrankung • Chron. Lebererkrankung • Chron. Nierenerkrankung • Diabetes mell. mit Spätfolgen • Metastasen

Autoren	Transfusions-trigger	Beobachteter Zeit- raum	Kri- terium	Präoperative Risikofak- toren
Nuttall et al. 2000	Hb 8g/dl - 11g/dl Blutverlust 15 % Symptom. Anämie	Perioperativ (Tag der Operation)	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Hb • Verfügbarkeit von AEK • Pulmonale Erkrankungen • Tumorchirurgischer Eingriff • Anzahl der betroffenen Seg- mente • Nichtbenutzung des Jackson OP-Tisches
Ramos et al. 2003	Hb 8g/dl	Intraoperativ	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Hb
Renton et al. 1997	Hb 7g/dl - 10g/dl	OP bis Entlassung	EK > 0	<ul style="list-style-type: none"> • Hb • Alter • Geschlecht • Gesamtes Erythrozytenvo- lumen

Tabelle 23: Präoperative Risikofaktoren zur Vorhersage der Transfusionsbedürftigkeit

Hb = Hämoglobinkonzentration, Hk = Hämatokrit, EK = homologes Erythrozytenkonzentrat, AEK = autologes Erythrozytenkonzentrat, k.A. = keine Angabe

5.8.2.2 Präoperative Hämoglobinkonzentration

Schon früh wurde die Hämoglobinkonzentration als Transfusionskriterium herangezogen, spiegelt sie doch als einfacher Parameter die Fähigkeit des Blutes zum Sauerstofftransport wider. Allerdings kann aus der Hämoglobinkonzentration nicht auf den Gesamtbestand an Hämoglobin geschlossen werden, da weder das Blutvolumen bekannt, noch die Hämoglobinkonzentration für das gesamte Blut konstant ist^[92]. Trotzdem ist die Hämoglobinkonzentration im klinischen Alltag eine wichtige Säule in der Indikationsstellung zur Transfusion. Aus diesem Grund verwundert es nicht, dass die Hämoglobinkonzentration in der Mehrheit der Studien einen prädiktiven Wert besitzt. Larocque et al. erhielten für größer 13 g/dl eine Odds-Ratio von 1, für 11,1 g/dl – 13,0 g/dl eine Odds-Ratio von 4,1 (95%-Konfidenzintervall 2,3 – 7,5) und für < 11,0 g/dl eine Odds-Ratio von 12,0 (95%-KI 3,4 – 42,3). Karkouti et. al erfassten die Hämoglobinkonzentration als kontinuierliche Variable. Dabei ergab sich eine Odds-Ratio von 0,928 (95%-KI 0,911 – 0,946) pro g/dl. Ebenfalls als kontinuierlicher Parameter wurde die Hämoglobinkonzentration von van Klei et al. erfasst. Die Odds-Ratio betrug 0,4 (95%-KI 0,3-0,5) pro g/dl. Covin et al. errechneten für den Verbrauch von mehr als 2 Erythrozytenkonzentraten bei einer Hämoglobinkonzentration von

10,0 g/dl – 12,0 g/dl eine Odds-Ratio von 3,21 (95%-KI 2,31 – 4,4). Bei einer Konzentration kleiner 10,0 g/dl beträgt die Odds-Ratio 8,06 (95%-KI 4,1 – 15,8). Die Studien von Keating et al., Ramos et al., Renton et al. und Nuttall et al. ergaben ebenfalls einen prädiktiven Wert für die Hämoglobinkonzentration, ohne jedoch eine Odds-Ratio zu nennen.

5.8.2.3 Körpergewicht, Body Mass Index (BMI)

Das Blutvolumen des Körpers ist unter anderem abhängig vom Gewicht. Da sich das tatsächliche Blutvolumen nur mit großem Aufwand bestimmen lässt^[92], bedient man sich des Körpergewichts zu dessen Abschätzung. Als einfach zu erhebende klinische Variable bekommt es dadurch eine relevante Bedeutung in der Vorhersage der Transfusionsbedürftigkeit. Der Body Mass Index berechnet sich als Quotient aus Körpergewicht und der quadrierten Körpergröße und ist ein Maß für den Ernährungszustand des Patienten. Larocque et al. berechneten Odds-Ratios für den prädiktiven Wert des Körpergewichts in Bezug auf die Transfusionsbedürftigkeit. Dabei ergab sich für ein Gewicht größer 100 kg eine Odds-Ratio von 1, für ein Gewicht von 81 kg bis 100 kg eine Odds-Ratio von 2,4 (95%-KI 0,6 – 9,2) und für ein Gewicht bis 80 kg eine Odds-Ratio von 4,6 (95%-KI 1,3 – 16,5). Durch die Berechnung als kontinuierlichen Parameter erhielten Karkouti et al. für das Körpergewicht eine Odds-Ratio von 0,938 pro kg Körpergewicht (95%-KI 0,920 – 0,956). Ohne Angabe einer Odds-Ratio identifizierten Keating et al. ein geringeres Körpergewicht als positiven Prädiktor für eine Bluttransfusion. Der Body Mass Index ergab sich in der Studie von Covin et al. als ein unabhängiger Vorhersageparameter für eine Transfusion von mehr als 2 Erythrozytenkonzentraten mit einer Odds-Ratio von 0,94 pro kg/m^2 (95%-KI 0,92 – 0,97).

5.8.2.4 Körpergröße

Durch die Körpergröße wird das Normalgewicht bestimmt und damit auch das Blutvolumen. Allerdings erwies sich die Körpergröße der Patienten als unabhängiger Vorhersagewert für eine Bluttransfusion in der Studie von Keating et al., wobei auch das Körpergewicht ein Prädiktor war. Demnach muss davon ausgegangen werden, dass die Körpergröße auch unabhängig vom Gewicht einen Vorhersagewert bezüglich einer bevorstehenden Transfusionsbedürftigkeit hat.

5.8.2.5 Geschlecht

Das Geschlecht hat ebenfalls einen Einfluss auf das Transfusionsverhalten. Frauen haben ein höheres Risiko, eine Transfusion zu erhalten als Männer. Das liegt zum einen an der niedrigeren Hämoglobinkonzentration im Blut, was vor allem dann zu vermehrten Transfusionen führt, wenn die Hämoglobinkonzentration als Transfusionstrigger herangezogen wird. Zum anderen ist das Blutvolumen pro kg Körpergewicht geringer als bei Männern. Für weibliches Geschlecht errechneten Nilsson et al. eine Odds-Ratio von 1,3 (95%-KI 1,2 – 1,5), van Klei et al. 2,0 (95%-KI 1,4 – 2,8), Karkouti et al. 2,0 (95%-KI 1,2 – 3,4) und Berenholtz et al. 1,5 (95%-KI 1,3 – 1,9). Ohne Angabe von Odds-Ratios identifizierten Keating et al. und Renton et al. das weibliche Geschlecht als Faktor für eine erhöhte Transfusionswahrscheinlichkeit.

5.8.2.6 Patientenalter

Das Alter per se kann wohl nicht als Risikofaktor für eine Bluttransfusion gelten. Es stellt viel mehr eine Aggregatvariable dar. Durch degenerative Vorgänge ist der Körper schlechter in der Lage auf physischen Stress zu reagieren. Der größte Anteil dürfte aber in den Begleitscheinungen liegen. So sind Krankheiten mit größerer Wahrscheinlichkeit weiter fortgeschritten und Art und Umfang von Begleiterkrankungen nehmen im Alter zu. Nilsson et al. teilten ihre Patienten in 3 Altersgruppen. Über 80 Jahren war die Odds-Ratio 2,4 (95%-KI 1,9 – 2,9), von 70 bis 79 Jahren war die Odds-Ratio 1,6 (95%-KI 1,4 – 2,0) und von 60 bis 69 Jahren 1,1 (95%-KI 0,95 – 1,3). Van Klei et al. geben die Odds-Ratio für ein Alter größer 70 Jahren mit 2,3 (95%-KI 1,7 – 3,1) an. Berenholtz et al. berechneten für Patienten, die älter als 66 Jahre waren, eine Odds-Ratio von 2,7 (95%-KI 2,0 – 3,5). Für die Gruppe von 54 bis 66 Jahren beträgt die Odds-Ratio 1,6 (95%-KI 1,3 – 2,1). Sowohl Karkouti et al., als auch Covin et al. haben eine kontinuierliche Odds-Ratio für das Alter berechnet. Bei Karkouti et al. beträgt die Odds-Ratio dabei 1,037 pro Jahr (95%-KI 1,014 – 1,061), bei Covin et al. 1,59 (95%-KI 1,36 – 1,9) pro 10 Jahre. Ohne Odds-Ratios anzugeben, definierten Cirasino et al., Findlay et al., Renton et al. und Keating et al. das Patientenalter als Prädiktor für eine Transfusionsbedürftigkeit.

5.8.2.7 Chronische Begleiterkrankungen

Das Vorhandensein chronischer Erkrankungen scheint ebenfalls einen Einfluss auf die Transfusionsbedürftigkeit zu haben. Nilsson et al. errechneten eine Odds-Ratio von 1,4 (95%-KI 1,2 – 1,6) bei Vorhandensein einer chronischen Lungenerkrankung. Nuttall et al. führen ebenfalls Pulmonalerkrankungen als Prädiktor für eine Transfusion auf. Eine Diabetes mellitus Erkrankung führt laut Nilsson et al. und Berenholtz et al. ebenfalls zu häufigeren Transfusionen, wenn bereits Spätfolgen aufgetreten sind. Die Odds-Ratios betragen dafür 2,1 (95%-KI 1,6 – 2,7) bzw. 2,3 (95%-KI 1,3 – 4,3). Chronische Nierenerkrankungen führen nach Nilsson et al. mit einer Odds-Ratio von 2,1 (95%-KI 1,4 – 3,1) zu Transfusionen. Covin et al. unterteilen diese nach dem Serum-Kreatininwert. Bei 1,5 – 3,0 mg/dl beträgt die Odds-Ratio 1,44 (95%-KI 1,08 – 1,93), bei mehr als 3,0 mg/dl beträgt sie 2,06 (95%-KI 1,01 – 4,22). Als weitere Parameter ergaben sich chronische Lebererkrankungen (Nilsson et al.), NYHA-Stadium und Auswurfraction des linken Ventrikels (Covin et al.) und die Durchführung einer Kombinationsanästhesie (van Klei et al.).

Parameter	Autoren	Unterteilung	Odds-Ratio (95%-KI)
Präoperative Hämoglobinkonzentration	Covin et al.	> 2 EK 10,0 g/dl – 12,0 g/dl < 10,0 g/dl	3,21 (2,31 – 4,4) 8,06 (4,1 – 15,8)
	Karkouti et al.	pro g/dl	0,928 (0,911 – 0,946)
	Larocque et al.	> 13 g/dl 11,1 g/dl – 13,0 g/dl ≤ 11,0 g/dl	1 4,1 (2,3 – 7,5) 12,0 (3,4 – 42,3)
	Van Klei et al.	pro g/dl	0,4 (0,3 – 0,5)
	Keating et al.		
	Nuttall et al.		
	Ramos et al.		
	Renton et al.		
Gewicht	Larocque et al.	> 100 kg 81 kg – 100 kg ≤ 80 kg	1 2,4 (0,6 – 9,2) 4,6 (1,3 – 16,5)
	Karkouti et al.	pro kg	0,938 (0,920 – 0,956)
	Covin et al.	> 2 EK BMI pro kg/m ²	0,94 (0,92 – 0,97)
	Keating et al.		
Größe	Covin et al.		
	Keating et al.		

Parameter	Autoren	Unterteilung	Odds-Ratio (95%-KI)
Geschlecht	Berenholtz et al.	Frauen	1,5 (1,3 – 1,9)
	Karkouti et al.	Männer	0,493 (0,296 – 0,824)
	Nilsson et al.	Frauen	1,3 (1,2 – 1,5)
	Van Klei et al.	Frauen	2,0 (1,4 – 2,8)
	Keating et al.		
	Renton et al.		
Alter	Berenholtz et al.	54 – 66 Jahre > 66 Jahre	1,6 (1,3 – 2,1) 2,7 (2,0 – 3,5)
	Covin et al.	> 2 EK pro 10 Jahre	1,59 (1,36 – 1,9)
	Karkouti et al.	pro Jahr	1,037 (1,014 – 1,061)
	Nilsson et al.	60 – 69 Jahre 70 – 79 Jahre ≥ 80 Jahre	1,1 (0,95 – 1,3) 1,6 (1,4 – 2,0) 2,4 (1,9 – 2,9)
	Van Klei et al.	≥ 70 Jahre	2,3 (1,7 – 3,1)
	Cirasino et al.		
	Findlay et al.		
	Keating et al.		
	Renton et al.		
	Sonstige	Berenholtz et al.	Diabetes mell. + Spätfolgen Metastasierte Erkrankung
Covin et al.		> 2 EK Kreatinin 1,5 – 3,0 mg/dl > 3,0 mg/dl NYHA II III IV Anamnestisch GI-Blutung Auswurf fraktion li. Ventrikel	1,44 (1,08 – 1,93) 2,06 (1,01 – 4,22) 1,50 (1,10 – 2,50) 1,55 (1,14 – 2,10) nicht signifikant 2,3 (1,21 – 4,45)
Nilsson et al.		Lungenerkrankung Lebererkrankung mild Lebererkrankung moderat Nierenerkrankung Diabetes mell. + Spätfolgen Metastasierte Erkrankung	1,4 (1,2 – 1,6) 2,0 (1,4 – 2,9) 2,6 (1,6 – 4,3) 2,1 (1,4 – 3,1) 2,1 (1,6 – 2,7) 1,2 (1,1 – 1,4)
Van Klei et al.		Kombinationsanästhesie	3,4 (2,2 – 5,3)
Nuttall et al.		Pulmonalerkrankungen	

Tabelle 24: Prädiktoren für die Transfusionsbedürftigkeit

5.9 Flussdiagramm zur präoperativen Aufklärung über Bluttransfusionen

Nachfolgend ist ein Flussdiagramm dargestellt, das die strukturierte Vorgehensweise für die präoperative Aufklärung über eine mögliche Bluttransfusion aufzeigt. Das Diagramm gilt nur für elektive Eingriffe, zumal in Notfallsituationen eine Aufklärung oft nicht möglich ist bzw. die Alternativen zur Fremdbluttransfusion fehlen.

Die Aufklärung über eine Bluttransfusion ist für Eingriffe, die eine Transfusionswahrscheinlichkeit von weniger als 10 % aufweisen, nicht notwendig. Zu berücksichtigen ist allerdings das individuelle Risikoprofil (siehe 5.8.2).

Besteht eine Transfusionswahrscheinlichkeit von mehr als 10 % oder hat der Patient ein ausgeprägtes individuelles Risiko für eine Bluttransfusion, so muss er über die Möglichkeit einer Fremdbluttransfusion und deren Alternativen aufgeklärt werden. Ist die Transfusion von Eigenblut sinnvoll (siehe 5.6.3, 5.6.4, 5.6.5 und 5.6.6) und wird sie vom Patienten gewünscht, so sollte diese Möglichkeit genutzt werden. Zur Wahl stehen die präoperative Eigenblutspende, die präoperative Gabe von Erythropoetin, die Akute Normovolämische Hämodilution (ANH) und die Maschinelle Autotransfusion (MAT, z. B. CellSaver ®).

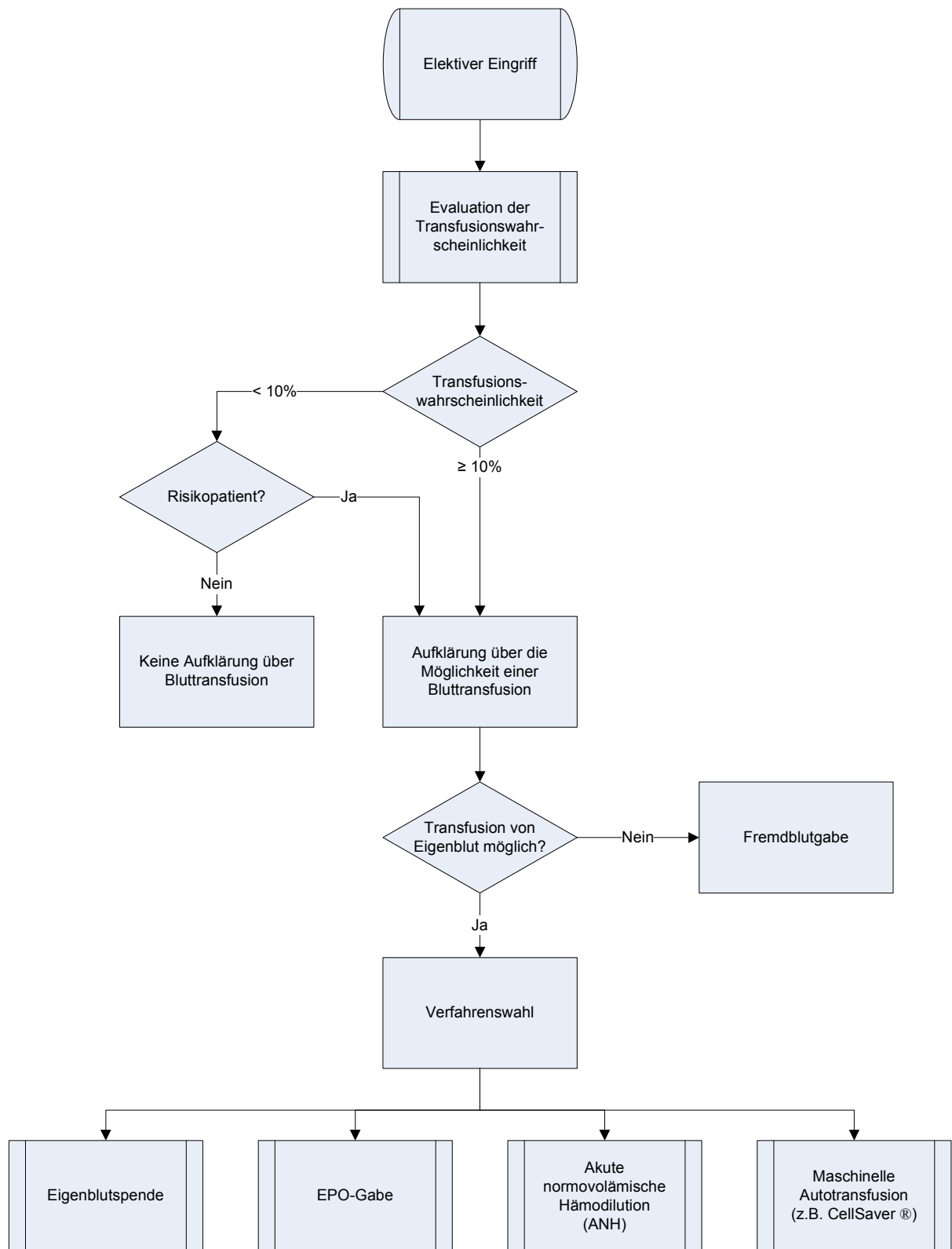


Abbildung 16: Flussdiagramm zur präoperativen Aufklärung über Bluttransfusionen

6 Zusammenfassung

Die Evaluation von Transfusionswahrscheinlichkeiten ist vom Gesetzgeber für jedes Krankenhaus festgeschrieben. Zur Art der Datenerhebung werden aber keine Aussagen gemacht. Die schlichte Erhebung von Transfusionsinzidenzen ist besonders bei niedrigen Fallzahlen nicht ausreichend. Durch die statistische Aufarbeitung kann zusätzlich zur geschätzten Transfusionswahrscheinlichkeit auch ein 95%-Konfidenzintervall berechnet werden. Damit ist die Genauigkeit der Schätzung ersichtlich. Obwohl für diese Arbeit relativ hohe Fallzahlen verfügbar waren, ist in vielen Fällen nur eine mäßige Genauigkeit für die Schätzung der Transfusionswahrscheinlichkeit möglich. Dies betrifft unter anderem auch Eingriffe, bei denen relativ häufig Bluttransfusionen stattfanden.

Die Verknüpfung der präoperativen Aufklärungspflicht für Bluttransfusionen mit der Transfusionswahrscheinlichkeit erscheint prinzipiell sinnvoll, die praktische Definition dieser Wahrscheinlichkeit für jedes einzelne Krankenhaus ist jedoch schwieriger, als auf den ersten Blick zu erwarten. Für kleinere Kliniken scheint die Festlegung von Transfusionswahrscheinlichkeiten nur für die häufig durchgeführten Standardeingriffe möglich. Folglich müsste bei selten durchgeführten Eingriffen grundsätzlich eine präoperative Aufklärung durchgeführt werden, auch wenn die durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit für diesen Eingriff in unseren Breiten unter 10 % liegt.

Um die Transfusionswahrscheinlichkeit zu senken, wurden im Lauf der Jahre blutsparende Techniken eingeführt und verfeinert. Verfahren der intraoperativen Anästhesieführung wie z.B. die Aufrechterhaltung der Normothermie und der Normovolämie sind heute selbstverständlich. Gleiches gilt für die blutsparende Operationstechnik mit akribischer Blutstillung und minimal invasivem Vorgehen. Der Einsatz der Eigenblutspende sank in den letzten Jahren kontinuierlich, was hauptsächlich in wirtschaftlichen Faktoren begründet ist. Dagegen ist die Transfusion von körpereigenem Blut, das mittels maschinellen Autotransfusionsverfahren gewonnen wurde, heutzutage weit verbreitet. Die akute normovoläme Hämodilution wird mit Erfolg angewendet, hat sich aber noch nicht als Standardverfahren etablieren können. Ein breiter Einsatz von Erythropoetin wird wie auch die Anwendung künstlicher Sauerstoffträger wohl erst in Zukunft stattfinden.

Auf wissenschaftlicher Basis erstellte Richtlinien zu Transfusionstriggern fanden erst 1988 ihren Weg in die Transfusionsmedizin. Jahrzehntlang wurde die so genannte 10/30-Regel befolgt, ohne dass für deren Wirksamkeit Belege existierten. Seitdem wurde die tolerable Schwelle der Hämoglobinkonzentration bei sonst gesunden Patienten auf 5 g/dl gesenkt. Über einer Hämoglobinkonzentration von 10 g/dl bringt eine Bluttransfusion nur in seltenen Fällen einen Vorteil für den Patienten. Nichtsdestotrotz wird auch heute noch die 10/30-Regel von einigen Ärzten angewandt, ist sie doch leicht zu merken und die Angst vor ischämischen Schäden groß.

In den vergangenen Jahren fanden Versuche statt, die nötigen Fremdblutkonzentrate vor einem operativen Eingriff zu quantifizieren. Die vorhandenen Ansätze basieren im Allgemeinen auf der Schätzung des erwarteten Blutverlusts. Darin liegt auch ihre größte Schwäche, da nicht einmal die genaue intraoperative Erfassung des Blutverlusts ohne weiteres möglich ist. In abgewandelter Form ist heute an vielen Krankenhäusern ein Maximum-Blood-Order-Schedule in Verwendung.

Durch mehrere Studien belegt sind folgende voneinander unabhängige Faktoren, die maßgeblichen Einfluss auf die Transfusionswahrscheinlichkeit haben: Eine niedrige präoperative Hämoglobinkonzentration, geringes Körpergewicht, geringe Körpergröße, weibliches Geschlecht, hohes Alter und das Vorhandensein chronischer Organerkrankungen erhöhen die Wahrscheinlichkeit, eine perioperative Transfusion zu erhalten.

In Zusammenschau aller vorliegenden Patientendaten bleibt die Entscheidung für eine Transfusion und damit auch der präoperativen Bestellung eine individuelle Entscheidung des durchführenden Arztes. Es ist (noch) nicht möglich, die Bestellung von Blutkonserven in ein rein mathematisches Modell zu übertragen und damit in eine allgemein gültige Form zu bringen. Die Transfusion und die adäquate Bestellung von Blutkonserven liegen in der Verantwortung des Arztes. Diese Arbeit gibt Informationen über die Transfusionswahrscheinlichkeit und den mittleren Blutverbrauch der Eingriffe am Universitätsklinikum der Ludwig-Maximilians-Universität München. Unter Berücksichtigung der aufgeführten individuellen Transfusions-Risikofaktoren ist somit die Beurteilung einzelner Patienten möglich.

Es bleibt zu hoffen, dass das Verhältnis von gekreuzten und transfundierten Erythrozytenkonzentraten wie gewünscht gesenkt werden kann und somit eine effektivere Verwendung der vorhandenen Ressourcen möglich ist.

7 Literaturverzeichnis

1. Adams, C., Lundy, J. S.
Anesthesia in cases of poor surgical risk - some suggestions for decreasing the risk.
Surg.Gynec.Obstet. 1942; 74: 1011-1019
2. Alvarez, G., Hebert, P. C., Szick, S.
Debate: transfusing to normal haemoglobin levels will not improve outcome.
Crit.Care 2001; 5(2): 56-63
3. Atrah, H. I., Galea, G., Urbaniak, S. J.
The sustained impact of a group and screen and maximum surgical blood ordering
schedule policy on the transfusion practice in gynaecology and obstetrics.
Clin.Lab.Haematol. 1995; 17(2): 177-181
4. Berenholtz, S. M., Pronovost, P. J., Mullany, D., Garrett, E., Ness, P. M., Dorman, T.,
Klag, M. J.
Predictors of transfusion for spinal surgery in Maryland, 1997 to 2000.
Transfusion 2002; 42(2): 183-189
5. Blajchman, M. A., Hebert, P. C.
Red blood cell transfusion strategies.
Transfus.Clin.Biol. 2001; 8(3): 207-210
6. Blumberg, N., Heal, J. M.
Blood transfusion immunomodulation: the silent epidemic.
Arch.Pathol.Lab.Med. 1998; 122(2): 117-119
7. Bovill, D. F., Moulton, C. W., Jackson, W. S., Jensen, J. K., Barcellos, R. W.
The efficacy of intraoperative autologous transfusion in major orthopedic surgery: a
regression analysis.
Orthopedics 1986; 9(10): 1403-1407
8. Bracey, A. W., Radovancevic, R., Riggs, S. A., Houston, S., Cozart, H., Vaughn, W.
K., Radovancevic, B., McAllister, H. A., Jr., Cooley, D. A.
Lowering the hemoglobin threshold for transfusion in coronary artery bypass proce-
dures: effect on patient outcome.
Transfusion 1999; 39(10): 1070-1077
9. Brecher, M. E., Goodnough, L. T.
The rise and fall of preoperative autologous blood donation (editorial). Transfusion.
2001;41:1459-62.
Transfusion 2002; 42(12): 1618-1622

10. Brecher, M. E., Rosenfeld, M.
Mathematical and computer modeling of acute normovolemic hemodilution.
Transfusion 1994; 34(2): 176-179
11. Bryson, G. L., Laupacis, A., Wells, G. A.
Does acute normovolemic hemodilution reduce perioperative allogeneic transfusion?
A meta-analysis. The International Study of Perioperative Transfusion.
Anesth.Analg. 1998; 86(1): 9-15
12. Bundesärztekammer
Querschnitts-Leitlinien (BÄK) zur Therapie mit Blutkomponenten und Plasmaderiva-
ten, 4. Auflage.
Deutscher Ärzteverlag 2008
13. Bundesärztekammer
Richtlinien zur Gewinnung von Blut und Blutbestandteilen und zur Anwendung von
Blutprodukten (Hämotherapie).
Deutscher Ärzteverlag 2010
14. Bush, R. L., Pevec, W. C., Holcroft, J. W.
A prospective, randomized trial limiting perioperative red blood cell transfusions in
vascular patients.
Am.J.Surg. 1997; 174(2): 143-148
15. Carless, P. A., Henry, D. A., Moxey, A. J., O'Connell, D. L., Fergusson, D. A.
Cell salvage for minimising perioperative allogeneic blood transfusion.
Cochrane.Database.Syst.Rev. 2003(4): CD001888
16. Carson, J. L., Duff, A., Poses, R. M., Berlin, J. A., Spence, R. K., Trout, R., Noveck,
H., Strom, B. L.
Effect of anaemia and cardiovascular disease on surgical mortality and morbidity.
Lancet 1996; 348(9034): 1055-1060
17. Carson, J. L., Ferreira, G.
Transfusion triggers: how low can we go?
Vox Sang. 2004; 87 Suppl 2: 218-221
18. Carson, J. L., Terrin, M. L., Barton, F. B., Aaron, R., Greenburg, A. G., Heck, D. A.,
Magaziner, J., Merlino, F. E., Bunce, G., McClelland, B., Duff, A., Noveck, H.
A pilot randomized trial comparing symptomatic vs. hemoglobin-level-driven red
blood cell transfusions following hip fracture.
Transfusion 1998; 38(6): 522-529
19. Chohan, S. S., McArdle, F., McClelland, D. B., Mackenzie, S. J., Walsh, T. S.
Red cell transfusion practice following the transfusion requirements in critical care
(TRICC) study: prospective observational cohort study in a large UK intensive care
unit.
Vox Sang. 2003; 84(3): 211-218

20. Cirasino, L., Barosi, G., Torre, M., Crespi, S., Colombo, P., Belloni, P. A.
Preoperative predictors of the need for allogeneic blood transfusion in lung cancer surgery.
Transfusion 2000; 40(10): 1228-1234
21. Clagett, G. P., Valentine, R. J., Jackson, M. R., Mathison, C., Kakish, H. B., Bengtson, T. D.
A randomized trial of intraoperative autotransfusion during aortic surgery.
J.Vasc.Surg. 1999; 29(1): 22-30
22. Consensus conference
Perioperative red blood cell transfusion.
JAMA 1988; 260(18): 2700-2703
23. Cooley, D. A., Crawford, E. S., Howell, J. F., Beall, Jr. A. C.
Open heart surgery in Jehovah's witnesses.
Am.J.Cardiol. 1964; 13: 779-781
24. Corwin, H. L., Gettinger, A., Pearl, R. G., Fink, M. P., Levy, M. M., Abraham, E., MacIntyre, N. R., Shabot, M. M., Duh, M. S., Shapiro, M. J.
The CRIT Study: Anemia and blood transfusion in the critically ill--current clinical practice in the United States.
Crit.Care.Med. 2004; 32(1): 39-52
25. Covin, R., O'Brien, M., Grunwald, G., Brimhall, B., Sethi, G., Walczak, S., Reiquam, W., Rajagopalan, C., Shroyer, A. L.
Factors affecting transfusion of fresh frozen plasma, platelets, and red blood cells during elective coronary artery bypass graft surgery.
Arch.Pathol.Lab.Med. 2003; 127(4): 415-423
26. Coyle, D., Lee, K. M., Fergusson, D. A., Laupacis, A.
Economic analysis of erythropoietin use in orthopaedic surgery.
Transfus.Med. 1999; 9(1): 21-30
27. Creteur, J., Vincent, J. L.
Hemoglobin solutions.
Crit.Care Med. 2003; 31(12 Suppl): S698-S707
28. Daucourt, V. et Cazalet, S.
"Une histoire de la Médecine"
Link: <http://www.homeoint.org/articles/daucourt/lower.jpg>
Letzte Aktualisierung: 2001
29. Davies, M. J.
Minimising intra-operative blood loss.
Transfus.Apheresis.Sci. 2002; 27(1): 55-57

30. Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Berufsverband deutscher Anästhesisten
Die mediko-legale Bedeutung der BGH-Entscheidung zur Aufklärungspflicht bei Bluttransfusionen (Entschliefungen-Empfehlungen-Vereinbarungen-Leitlinien: Ein Beitrag zur Qualitätssicherung in der Anästhesiologie, 4. Auflage).
Aktiv Druck & Verlag GmbH 2006
31. Deutscher Bundestag
Transfusionsgesetz in der Fassung der Bekanntmachung vom 28. August 2007 (BGBl. I S. 2169), das durch Artikel 12 des Gesetzes vom 17. Juli 2009 (BGBl. I S. 1990) geändert worden ist.
www.juris.de
32. Dietz, N. M., Martin, C. M., Beltran-del-Rio, A. G., Joyner, M. J.
The effects of cross-linked hemoglobin on regional vascular conductance in dogs.
Anesth.Analg. 1997; 85(2): 265-273
33. Dutton, R. P.
Controlled hypotension for spinal surgery.
Eur.Spine J. 2004
34. Findlay, J. Y., Rettke, S. R.
Poor prediction of blood transfusion requirements in adult liver transplantations from preoperative variables.
J.Clin.Anesth. 2000; 12(4): 319-323
35. Friedman, B. A.
An analysis of surgical blood use in United States hospitals with application to the maximum surgical blood order schedule.
Transfusion 1979; 19(3): 268-278
36. Friedman, B. A., Oberman, H. A., Chadwick, A. R., Kingdon, K. I.
The maximum surgical blood order schedule and surgical blood use in the United States.
Transfusion 1976; 16(4): 380-387
37. Goethe, Johann Wolfgang von
Faust - Der Tragödie erster Teil, 16. Auflage.
Verlag C.H.Beck
38. Goodnough, L. T.
Risks of blood transfusion.
Crit.Care Med. 2003; 31(12 Suppl): S678-S686
39. Goodnough, L. T., Bravo, J. R., Hsueh, Y. S., Keating, L. J., Brittenham, G. M.
Red blood cell mass in autologous and homologous blood units. Implications for risk/benefit assessment of autologous blood crossover and directed blood transfusion.
Transfusion 1989; 29(9): 821-822

40. Goodnough, L. T., Brecher, M. E., Kanter, M. H., AuBuchon, J. P.
Transfusion medicine. First of two parts--blood transfusion.
N.Engl.J.Med. 1999; 340(6): 438-447
41. Goodnough, L. T., Brecher, M. E., Kanter, M. H., AuBuchon, J. P.
Transfusion medicine. Second of two parts--blood conservation.
N.Engl.J.Med. 1999; 340(7): 525-533
42. Goodnough, L. T., Despotis, G. J., Merkel, K., Monk, T. G.
A randomized trial comparing acute normovolemic hemodilution and preoperative autologous blood donation in total hip arthroplasty.
Transfusion 2000; 40(9): 1054-1057
43. Goodnough, L. T., Monk, T. G., Brecher, M. E.
Autologous blood procurement in the surgical setting: lessons learned in the last 10 years.
Vox Sang. 1996; 71(3): 133-141
44. Goodnough, L. T., Monk, T. G., Sicard, G., Satterfield, S. A., Allen, B., Anderson, C. B., Thompson, R. W., Flye, W., Martin, K.
Intraoperative salvage in patients undergoing elective abdominal aortic aneurysm repair: an analysis of cost and benefit.
J.Vasc.Surg. 1996; 24(2): 213-218
45. Goodnough, L. T., Verbrugge, D., Marcus, R. E., Goldberg, V.
The effect of patient size and dose of recombinant human erythropoietin therapy on red blood cell volume expansion in autologous blood donors for elective orthopedic operation.
J.Am.Coll.Surg. 1994; 179(2): 171-176
46. Habler, O. P., Kleen, M. S., Hutter, J. W., Podtschaske, A. H., Tiede, M., Kemming, G. I., Welte, M. V., Corso, C. O., Batra, S., Keipert, P. E., Faithfull, N. S., Messmer, K. F.
Effects of hyperoxic ventilation on hemodilution-induced changes in anesthetized dogs.
Transfusion 1998; 38(2): 135-144
47. Habler, O. P., Kleen, M. S., Hutter, J. W., Podtschaske, A. H., Tiede, M., Kemming, G. I., Welte, M. V., Corso, C. O., Batra, S., Keipert, P. E., Faithfull, N. S., Messmer, K. F.
Hemodilution and intravenous perflubron emulsion as an alternative to blood transfusion: effects on tissue oxygenation during profound hemodilution in anesthetized dogs.
Transfusion 1998; 38(2): 145-155
48. Harper, C. M., McNicholas, T., Gowrie-Mohan, S.
Maintaining perioperative normothermia.
BMJ 2003; 326(7392): 721-722

49. Hasley, P. B., Lave, J. R., Kapoor, W. N.
The necessary and the unnecessary transfusion: a critical review of reported appropriateness rates and criteria for red cell transfusions.
Transfusion 1994; 34(2): 110-115
50. Hay, S. N., Monk, T. G., Brecher, M. E.
Intraoperative blood salvage: a mathematical perspective.
Transfusion 2002; 42(4): 451-455
51. Hebert, P. C., Blajchman, M. A., Cook, D. J., Yetisir, E., Wells, G., Marshall, J., Schweitzer, I.
Do blood transfusions improve outcomes related to mechanical ventilation?
Chest 2001; 119(6): 1850-1857
52. Hebert, P. C., Szick, S.
The anemic patient in the ICU: How much does the heart tolerate?
Anesthesiol.Intensivmed.Notfallmed.Schmerzther. 2001; 36 Suppl 2: S94-100
53. Hebert, P. C., Wells, G., Blajchman, M. A., Marshall, J., Martin, C., Pagliarello, G., Tweeddale, M., Schweitzer, I., Yetisir, E.
A multicenter, randomized, controlled clinical trial of transfusion requirements in critical care. Transfusion Requirements in Critical Care Investigators, Canadian Critical Care Trials Group.
N.Engl.J.Med. 1999; 340(6): 409-417
54. Hebert, P. C., Yetisir, E., Martin, C., Blajchman, M. A., Wells, G., Marshall, J., Tweeddale, M., Pagliarello, G., Schweitzer, I.
Is a low transfusion threshold safe in critically ill patients with cardiovascular diseases?
Crit.Care Med. 2001; 29(2): 227-234
55. Helm, R. E., Klemperer, J. D., Rosengart, T. K., Gold, J. P., Peterson, P., DeBois, W., Altorki, N. K., Lang, S., Thomas, S., Isom, O. W., Krieger, K. H.
Intraoperative autologous blood donation preserves red cell mass but does not decrease postoperative bleeding.
Ann.Thorac.Surg. 1996; 62(5): 1431-1441
56. Herold, G.
Innere Medizin 2010.
Selbstverlag
57. Herregods, L., Moerman, A., Foubert, L., Den, Blauwen N., Mortier, E., Poelaert, J., Struys, M.
Limited intentional normovolemic hemodilution: ST-segment changes and use of homologous blood products in patients with left main coronary artery stenosis.
J.Cardiothorac.Vasc.Anesth. 1997; 11(1): 18-23

58. Hill, S. R., Carless, P. A., Henry, D. A., Carson, J. L., Hebert, P. C., McClelland, D. B., Henderson, K. M.
Transfusion thresholds and other strategies for guiding allogeneic red blood cell transfusion.
Cochrane Database Syst.Rev. 2002(2): CD002042
59. Ho, J., Sibbald, W. J., Chin-Yee, I. H.
Effects of storage on efficacy of red cell transfusion: when is it not safe?
Crit.Care Med. 2003; 31(12 Suppl): S687-S697
60. Huet, C., Salmi, L. R., Fergusson, D., Koopman-van Gemert, A. W., Rubens, F., Laupacis, A.
A meta-analysis of the effectiveness of cell salvage to minimize perioperative allogeneic blood transfusion in cardiac and orthopedic surgery. International Study of Perioperative Transfusion (ISPOT) Investigators.
Anesth.Analg. 1999; 89(4): 861-869
61. Jia, L., Bonaventura, C., Bonaventura, J., Stamler, J. S.
S-nitrosohaemoglobin: a dynamic activity of blood involved in vascular control.
Nature 1996; 380(6571): 221-226
62. Kahraman, S., Altunkaya, H., Celebioglu, B., Kanbak, M., Pasaoglu, I., Erdem, K.
The effect of acute normovolemic hemodilution on homologous blood requirements and total estimated red blood cell volume lost.
Acta Anaesthesiol.Scand. 1997; 41(5): 614-617
63. Karkouti, K., Cohen, M. M., McCluskey, S. A., Sher, G. D.
A multivariable model for predicting the need for blood transfusion in patients undergoing first-time elective coronary bypass graft surgery.
Transfusion 2001; 41(10): 1193-1203
64. Kasper, S. M., Gerlich, W., Buzello, W.
Preoperative red cell production in patients undergoing weekly autologous blood donation.
Transfusion 1997; 37(10): 1058-1062
65. Keating, E. M., Meding, J. B., Faris, P. M., Ritter, M. A.
Predictors of transfusion risk in elective knee surgery.
Clin.Orthop. 1998(357): 50-59
66. Kiran, R. P., Delaney, C. P., Senagore, A. J., Millward, B. L., Fazio, V. W.
Operative blood loss and use of blood products after laparoscopic and conventional open colorectal operations.
Arch.Surg. 2004; 139(1): 39-42
67. Klein, H. G.
Immunomodulatory aspects of transfusion: a once and future risk?
Anesthesiology 1999; 91(3): 861-865

68. Korte, W.
Perioperative Gerinnungsstörungen, perioperatives Gerinnungsmanagement.
Hämostaseologie 2008; 28(5): 449-454
69. Kreimeier, U., Messmer, K.
Hemodilution in clinical surgery: state of the art 1996.
World J.Surg. 1996; 20(9): 1208-1217
70. Kreimeier, U., Messmer, K.
Perioperative hemodilution.
Transfus.Apheresis.Sci. 2002; 27(1): 59-72
71. Larocque, B. J., Gilbert, K., Brien, W. F.
Prospective validation of a point score system for predicting blood transfusion following hip or knee replacement.
Transfusion 1998; 38(10): 932-937
72. Larocque, B. J., Gilbert, K., Brien, W. F.
A point score system for predicting the likelihood of blood transfusion after hip or knee arthroplasty.
Transfusion 1997; 37(5): 463-467
73. Laupacis, A., Fergusson, D.
Drugs to minimize perioperative blood loss in cardiac surgery: meta-analyses using perioperative blood transfusion as the outcome. The International Study of Perioperative Transfusion (ISPOT) Investigators.
Anesth.Analg. 1997; 85(6): 1258-1267
74. Laupacis, A., Fergusson, D.
Erythropoietin to minimize perioperative blood transfusion: a systematic review of randomized trials. The International Study of Perioperative Transfusion (ISPOT) Investigators.
Transfus.Med. 1998; 8(4): 309-317
75. Lethagen, S.
Desmopressin--a haemostatic drug: state-of-the-art review.
Eur.J.Anaesthesiol.Suppl. 1997; 14: 1-9
76. Lohöfer, H.
Mathematische und statistische Hilfsmittel für Pharmazeuten.
<http://www.mathematik.uni-marburg.de/~lohoefer/pharma/pharma.html>
77. Loscalzo, J.
Nitric oxide binding and the adverse effects of cell-free hemoglobins: what makes us different from earthworms.
J.Lab.Clin.Med. 1997; 129(6): 580-583

78. Lowery, T. A., Clark, J. A.
Successful implementation of Maximum Surgical Blood Order Schedule.
J.Med.Assoc.Ga. 1989; 78(3): 155-158
79. Mangano, D. T., Tudor, I. C., Dietzel, C.
The risk associated with aprotinin in cardiac surgery.
N.Engl.J.Med. 2006; 354(4): 353-65
80. Mann, J. D., Woodson, G. S., Hoffman, R. G., Martinek, R. G.
The relation between reported values for hemoglobin and the transfusion rate in a general hospital.
Am.J.Clin.Pathol. 1959; 32: 225-232
81. Modig, J.
Regional anaesthesia and blood loss.
Acta Anaesthesiol.Scand.Suppl. 1988; 89: 44-48
82. Monk, T. G., Goodnough, L. T., Birkmeyer, J. D., Brecher, M. E., Catalona, W. J.
Acute normovolemic hemodilution is a cost-effective alternative to preoperative autologous blood donation by patients undergoing radical retropubic prostatectomy.
Transfusion 1995; 35(7): 559-565
83. Myhre, B. A.
Clinical commentary: the transfusion trigger--the search for a quantitative holy grail.
Ann.Clin.Lab.Sci. 2001; 31(4): 359-364
84. National Library of Medicine
"The Birth of Frankenstein"
Link: http://www.nlm.nih.gov/hmd/frankenstein/frank_birth.html
Letzte Aktualisierung: 13.2.2002
85. Nelson, C. L., Fontenot, H. J., Flahiff, C., Stewart, J.
An algorithm to optimize perioperative blood management in surgery.
Clin.Orthop. 1998(357): 36-42
86. Ness, P. M., Bourke, D. L., Walsh, P. C.
A randomized trial of perioperative hemodilution versus transfusion of preoperatively deposited autologous blood in elective surgery.
Transfusion 1992; 32(3): 226-230
87. Nilsson, K. R., Berenholtz, S. M., Dorman, T., Garrett, E., Lipsett, P., Kaufman, H. S., Pronovost, P. J.
Preoperative predictors of blood transfusion in colorectal cancer surgery.
J.Gastrointest.Surg. 2002; 6(5): 753-762
88. Nuttall, G. A., Horlocker, T. T., Santrach, P. J., Oliver, W. C., Jr., Dekutoski, M. B., Bryant, S.

- Predictors of blood transfusions in spinal instrumentation and fusion surgery.
Spine 2000; 25(5): 596-601
89. Nuttall, G. A., Santrach, P. J., Oliver, W. C., Jr., Ereth, M. H., Horlocker, T. T., Cabanela, M. E., Trousdale, R. T., Bryant, S., Currie, T. W.
A prospective randomized trial of the surgical blood order equation for ordering red cells for total hip arthroplasty patients.
Transfusion 1998; 38(9): 828-833
 90. Nuttall, G. A., Santrach, P. J., Oliver, W. C., Jr., Horlocker, T. T., Shaughnessy, W. J., Cabanela, M. E., Bryant, S.
The predictors of red cell transfusions in total hip arthroplasties.
Transfusion 1996; 36(2): 144-149
 91. Nuttall, G. A., Stehling, L. C., Beighley, C. M., Faust, R. J.
Current transfusion practices of members of the american society of anesthesiologists: a survey.
Anesthesiology 2003; 99(6): 1433-1443
 92. Orth, V. H., Rehm, M., Haller, M., Thiel, M., Finsterer, U.
Die Messung des Blutvolumens - aktueller Stand.
Anaesthesist 2001; 50(8): 562-568
 93. Orth, V. H., Rehm, M., Thiel, M., Kreimeier, U., Haller, M., Brechtelsbauer, H., Finsterer, U.
First clinical implications of perioperative red cell volume measurement with a nonradioactive marker (sodium fluorescein).
Anesth.Analg. 1998; 87(6): 1234-1238
 94. Palmer, T., Wahr, J. A., O'Reilly, M., Greenfield, M. L.
Reducing unnecessary cross-matching: a patient-specific blood ordering system is more accurate in predicting who will receive a blood transfusion than the maximum blood ordering system.
Anesth.Analg. 2003; 96(2): 369-75
 95. Paul-Ehrlich-Institut
Bericht zur Meldung nach §21 Transfusionsgesetz für das Jahr 2001 und 2002.
Springer Verlag 2005
 96. Paul-Ehrlich-Institut
Bericht zur Meldung nach §21 Transfusionsgesetz für das Jahr 2009.
Springer Verlag 2010
 97. PBS
"Red Gold. The epic story of blood."
Link: http://www.pbs.org/wnet/redgold/innovators/images/jblundell_03.gif
Letzte Aktualisierung: 2002

98. Ramos, E., Dalmau, A., Sabate, A., Lama, C., Llado, L., Figueras, J., Jaurrieta, E.
Intraoperative red blood cell transfusion in liver transplantation: influence on patient outcome, prediction of requirements, and measures to reduce them.
Liver Transpl. 2003; 9(12): 1320-1327
99. Rassweiler, J., Seemann, O., Schulze, M., Teber, D., Hatzinger, M., Frede, T.
Laparoscopic versus open radical prostatectomy: a comparative study at a single institution.
J.Urol. 2003; 169(5): 1689-1693
100. Renner, S. W., Howanitz, P. J., Bachner, P.
Preoperative autologous blood donation in 612 hospitals. A College of American Pathologists' Q-Probes study of quality issues in transfusion practice.
Arch.Pathol.Lab.Med. 1992; 116(6): 613-619
101. Renton, M. C., McClelland, D. B., Sinclair, C. J.
Use of blood products in cardiac surgery.
Perfusion 1997; 12(3): 157-162
102. Schmied, H., Kurz, A., Sessler, D. I., Kozek, S., Reiter, A.
Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty.
Lancet 1996; 347(8997): 289-292
103. Schreiber, G. B., Busch, M. P., Kleinman, S. H., Korelitz, J. J.
The risk of transfusion-transmitted viral infections.
N.Engl.J.Med. 1996; 334: 1685-1690
104. Shander, A.
Surgery without blood.
Crit.Care Med. 2003; 31(12 Suppl): S708-S714
105. Singbartl, G., Schleinzer, W.
Kostenanalyse autologer Transfusionsverfahren - eine Untersuchung bei 5017 Patienten.
Anesthesiol.Intensivmed.Notfallmed.Schmerzther. 1999; 34(6): 350-358
106. Sonnenberg, F. A., Gregory, P., Yomtovian, R., Russell, L. B., Tierney, W., Kosmin, M., Carson, J. L.
The cost-effectiveness of autologous transfusion revisited: implications of an increased risk of bacterial infection with allogeneic transfusion.
Transfusion 1999; 39(8): 808-817
107. Spahn, D. R.
Sauerstoffträger - Carrier der Zukunft.
Anaesthesist 2001; 50(6): 450-455

108. Spahn, D. R.
Perioperative Transfusion Triggers for Red Blood Cells.
Vox Sang. 2000; 78 Suppl 2: 163-166
109. Spahn, D. R., Casutt, M.
Eliminating blood transfusions: new aspects and perspectives.
Anesthesiology 2000; 93(1): 242-255
110. Spahn, D. R., Leone, B. J., Reves, J. G., Pasch, T.
Cardiovascular and coronary physiology of acute isovolemic hemodilution: a review of nonoxygen-carrying and oxygen-carrying solutions.
Anesth.Analg. 1994; 78(5): 1000-1021
111. Spahn, D. R., van, Brempt R., Theilmeier, G., Reibold, J. P., Welte, M., Heinzerling, H., Birck, K. M., Keipert, P. E., Messmer, K., Heinzerling, H., Birck, K. M., Keipert, P. E., Messmer, K.
Perflubron emulsion delays blood transfusions in orthopedic surgery. European Perflubron Emulsion Study Group.
Anesthesiology 1999; 91(5): 1195-1208
112. statista
Haben Sie schon einmal Blut gespendet?
<http://de.statista.com/statistik/daten/studie/159438/umfrage/blutspender-in-deutschland-und-europa/>
113. Thomas, M. J., Gillon, J., Desmond, M. J.
Consensus conference on autologous transfusion. Preoperative autologous donation.
Transfusion 1996; 36(7): 633-639
114. Toy, P. T., Strauss, R. G., Stehling, L. C., Sears, R., Price, T. H., Rossi, E. C., Collins, M. L., Crowley, J. P., Eisenstaedt, R. S., Goodnough, L. T., .
Predeposited autologous blood for elective surgery. A national multicenter study.
N.Engl.J.Med. 1987; 316(9): 517-520
115. Trouwborst, A., Tenbrinck, R., van Woerkens, E. C.
Blood gas analysis of mixed venous blood during normoxic acute isovolemic hemodilution in pigs.
Anesth.Analg. 1990; 70(5): 523-529
116. Ulsenheimer, K.
Zur Aufklärungspflicht bei Bluttransfusionen - Das BGH-Urteil von 1991 und dessen Bedeutung unter Berücksichtigung der aktuellen Datenlage zu Sicherheit und potentiellen Risiken allogener Blutprodukte.
Anästh.Intensivmed. 2006; 47: S93-S99
117. University of Texas at Austin
"Portrait Gallery"

Link: <http://www.lib.utexas.edu/photodraw/portraits/harvey.jpg>
Letzte Aktualisierung: 19.8.2003

118. van Klei, W. A., Moons, K. G., Leyssius, A. T., Knape, J. T., Rutten, C. L., Grobbee, D. E.
A reduction in type and screen: preoperative prediction of RBC transfusions in surgery procedures with intermediate transfusion risks.
Br.J.Anaesth. 2001; 87(2): 250-257
119. van Woerkens, E. C., Trouwborst, A., van Lanschot, J. J.
Profound hemodilution: what is the critical level of hemodilution at which oxygen delivery-dependent oxygen consumption starts in an anesthetized human?
Anesth.Analg. 1992; 75(5): 818-821
120. Vorstand des Klinikums der Universität München
Jahresbericht des Klinikums der Universität München - 2003.
Pressestelle des Klinikums der Universität München
121. Welte, M., Habler, O.
Die Indikation zur perioperativen Transfusion von Erythrozyten.
Anästh.Intensivmed. 2005; 46: 73-83
122. Wilkerson, D. K., Rosen, A. L., Gould, S. A., Sehgal, L. R., Sehgal, H. L., Moss, G. S.
Oxygen extraction ratio: a valid indicator of myocardial metabolism in anemia.
J.Surg.Res. 1987; 42(6): 629-634
123. Xu, L., Sun, L., Rollwagen, F. M., Li, Y., Pacheco, N. D., Pikoulis, E., Leppaniemi, A., Soltero, R., Burris, D., Malcolm, D., Nielsen, T. B.
Cellular responses to surgical trauma, hemorrhage, and resuscitation with diaspirin cross-linked hemoglobin in rats.
J.Trauma 1997; 42(1): 32-41

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Übersicht über die im ANDOK geführten Kliniken für das Jahr 2002	17
Tabelle 2:	Perioperativer Verbrauch von Blutkomponenten 2000 – 2002 im Universitätsklinikum der LMU	20
Tabelle 3:	Fallzahlen der anästhesiebegleiteten Eingriffe in den einzelnen Fachbereichen für das Jahr 2002	23
Tabelle 4:	Durchschnittlicher EK-Verbrauch pro Eingriff im Jahr 2002	26
Tabelle 5:	Altersdurchschnitt und ASA-Klasse der Patienten in Großhadern und den Innenstadt-Kliniken	27
Tabelle 6:	Transfusionsaufkommen für das Jahr 2002 im Klinikum Großhadern	29
Tabelle 7:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Chirurgischen Klinik Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002.....	32
Tabelle 8:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Herzchirurgie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002	33
Tabelle 9:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Gynäkologie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002	34
Tabelle 10:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der HNO Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002	35

Tabelle 11:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Neurochirurgie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002	36
Tabelle 12:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Orthopädie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002	36
Tabelle 13:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Urologie Großhadern für elektive Eingriffe des Jahres 2002	37
Tabelle 14:	Transfusionsaufkommen für das Jahr 2002 in den Innenstadtkliniken	38
Tabelle 15:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Chirurgie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002	41
Tabelle 16:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Pädiatrie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002	42
Tabelle 17:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Gynäkologie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002	43
Tabelle 18:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der HNO in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002	43
Tabelle 19:	Berechnete Transfusionswahrscheinlichkeiten der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie in der Innenstadt für elektive Eingriffe des Jahres 2002	44
Tabelle 20:	Transfusionswahrscheinlichkeiten in verschiedenen Kliniken am Beispiel der elektiven Laparotomie	75
Tabelle 21:	Ausgewählte (berechnete) Transfusionswahrscheinlichkeiten des Jahres 2002 in Abhängigkeit vom durchgeführten Eingriff	77

Tabelle 22:	Übersicht über die ausgewerteten zwölf Studien zur Bestimmung von präoperativen Vorhersageparametern bezüglich der Transfusionsbedürftigkeit.....	84
Tabelle 23:	Präoperative Risikofaktoren zur Vorhersage der Transfusionsbedürftigkeit.....	86
Tabelle 24:	Prädiktoren für die Transfusionsbedürftigkeit.....	90

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: William Harvey (1578 - 1657) ^[117]	9
Abbildung 2: Richard Lower (1631 – 1691) ^[28]	9
Abbildung 3: James Blundell (1790 – 1877) ^[97]	10
Abbildung 4: Gravitator; Vorrichtung zur homologen Bluttransfusion mittels Gravitation ^[84]	10
Abbildung 5: Entwicklung des perioperativen Verbrauchs von EK und FFP innerhalb der zurück liegenden 10 Jahre	21
Abbildung 6: Entwicklung des perioperativen Verbrauchs von Eigenblutkonserven (EB) und Verwendung der isovolämischen Hämodilution (HD) bzw. maschinellen Autotransfusion (MAT)	22
Abbildung 7: Inzidenz von Erythrozytentransfusionen im Jahr 2002, elektive Eingriffe	24
Abbildung 8: Inzidenz von Frischplasmatransfusionen im Jahr 2002, elektive Eingriffe	25
Abbildung 9: Häufigkeiten der verschiedenen ASA-Klassen Anteil an der Gesamtzahl der Patienten	26
Abbildung 10: Altersverteilung der Patienten im Jahr 2002	28
Abbildung 11: Durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit in den einzelnen Fachgebieten des Klinikums Großhaderns	30

Abbildung 12: Durchschnittliche Transfusionswahrscheinlichkeit in den einzelnen Fachgebieten der Innenstadtkliniken	39
Abbildung 13: Herstellung und Transfusion von Eigenblutkonserven in den USA von 1980 bis 1999 ^[9]	63
Abbildung 14: Wissenschaftliches Interesse an der autologen Blutspende.....	64
Abbildung 15: Wissenschaftliches Interesse an der akuten normovolämen Hämodilution	67
Abbildung 16: Flussdiagramm zur präoperativen Aufklärung über Bluttransfusionen.....	92

10 Glossar

A-ANH	Augmentierte ANH, akute normovolämische Hämodilution in Verbindung mit Einsatz künstlicher Sauerstoffträger
AEK	Autologes Erythrozytenkonzentrat
AIDS	Erworbenes Immundefizit Syndrom
allogen	Genetisch nicht identisch, aber gleiche Art
ANDOK	Anästhesie Dokumentationssystem
ANH	Akute normovolämische Hämodilution
ARDS	<i>Acute Respiratory Distress Syndrome</i>
ASA	<i>American Society of Anesthesiologists</i>
C:T-Verhältnis	Verhältnis zwischen präoperativ gekreuzten und transfundierten Erythrozytenkonzentraten (<i>crossmatch to transfusion ratio</i>)
CPD	Citrat, Phosphat, Dextrose; Stabilisator für Erythrozytenkonzentrate
CPDA-1	CPD + Adenin
EK	Erythrozytenkonzentrat
EPO	Erythropoetin
FFP	Frischplasma-Konserve (<i>fresh frozen plasma</i>)
GFP	Gefrierplasma (=FFP)
HI-Virus	HIV, Erreger von AIDS
homolog	Entspricht für Transfusion allogen
KHK	Koronare Herzerkrankung
KI	Konfidenzintervall
LMU	Ludwig-Maximilians-Universität in München
MAT	Maschinelle Autotransfusion

MSBOS	<i>Maximum Surgical Blood Order Schedule</i>
NIH	<i>National Institutes of Health</i>
NYHA	<i>New York Heart Association</i>
PPSB	Prothrombinkomplex, Gerinnungsfaktoren II, VII, IX, X und Protein C + S
PSBOS	<i>Patient Specific Blood Ordering System</i>
PTCA	Perkutane transluminale Coronarangioplastie
rHu-EPO	Rekombinantes humanes Erythropoetin
RSBOS	<i>Recommended Surgical Blood Order Schedule</i>
SBOE	<i>Surgical Blood Order Equation</i>
TK	Thrombozytenkonzentrat
TRALI	<i>Transfusion Related Acute Lung Injury</i>
Transfusionsrisiko	Synonym für Transfusionswahrscheinlichkeit
xenogen	Artfremd

11 Danksagung

An erster Stelle danke ich Herrn Prof. Uwe Kreimeier für die Überlassung des Themas und die freundliche Aufnahme an der Klinik für Anaesthesiologie der Ludwig-Maximilians-Universität in München. Außerdem danke ich ihm für die Betreuung während der Erstellung dieser Arbeit.

Herrn Priv. Doz. Stefan Huber-Wagner danke ich für die Übernahme des Zweitgutachtens.

Mein besonderer Dank gilt Florian Joerg, der einen Teil des Weges mit mir bestritten hat.

Von ganzem Herzen danke ich meiner Familie für die unermüdliche Unterstützung und Motivation.

Ebenso herzlich danke ich Kathrin Horak für ihre liebevolle Unterstützung und Geduld.